

A BENGALI MANUAL

MINE SURVEYING.

খনিজরিপ ।

ROBERTON, MONDAL.

রবার্টন, মন্ডল ।



কলিকাতা ।

বেঙ্গল সার্ভেয়ার্স অ্যান্ড মাইনস্‌ অফিসে প্রণীত ।

১৯১১ ।

সূচীপত্র ।

পৃষ্ঠা ।

প্রথম অধ্যায়—রৈখিক পরিমাণ ।

ভূমিকা । রৈখিক পরিমাণের এককাবলি । ক্ষতিজতলে মাপ করার আবশ্যকতা ।
শিকুলি দ্বারা প্রবণভূমি মাপ করা । শাখাদ্রব । ত্রিভুজের ক্রমে সাহায্য লওয়া হয় ।
অসমকোণে মাপ । বিবিধ সম্পাদ্য মীমাংসা । প্রদ্রমালা । ... ১—৩০

দ্বিতীয় অধ্যায়—ক্ষেত্রপরিমাণ ।

ত্রিভুজের সাহায্য । তুলা রেখা । তুলা ত্রিভুজ । ক্ষেত্রফলের এককাবলি । ট্রাপে-
জিয়মের সাহায্য । বর্গক্ষেত্রযুক্ত কাগজের ব্যবহার । বর্গমানযন্ত্র । বিবিধ সম্পাদ্য মীমাংসা ।
প্রদ্রমালা । ... ৩১—৪৭

তৃতীয় অধ্যায়—কোণপরিমাণ ।

এককাবলি । চাপীয় মান । ত্রিকোণমিতিক অন্তর্পাত । ত্রিভুজের বিশি-
ষ্ট । বিবিধ সম্পাদ্য মীমাংসা । প্রদ্রমালা । ... ৪৮—৬৫

চতুর্থ অধ্যায়—জরিপ ও নক্সা করিবার যন্ত্র ।

চুম্বকশলাকা । ঘনির ডায়াল । চাপীয় বিয়াবি । অতিবিক্ত তেপাখা । বন্ধশলাকা-
কম্পাস । সকেট-জয়েন্ট । দরবীক্ষণদৃষ্টিকলক । প্রবণতা মাপ করিবার অংশ । থিয়েডো-
লাইট । কর্ণমানদণ্ড । ভার্ণিয়ার । কোণঅঙ্কনযন্ত্র । প্রদ্রমালা । ... ৬৬—৮৭

পঞ্চম অধ্যায়—চুম্বকশলাকাজরিপ ।

প্রকৃত এবং চৌম্বক মথারেখা । যুগবার্ণি বলনবিকার । দৈনিক বলনবিকার ।
ভৌগোলিক মথারেখার সহিত বলন সংশোধন । জরিপের স্টেশন । চুম্বকশলাকাজরিপ ।
জরিপের নক্সা । ভূজগুণের সাহায্যে জরিপনক্সা । বন্ধনরেখা । লোকের সাক্ষিমা-
প্রদ্রমালা । ... ৮৮—১০৭

ষষ্ঠ অধ্যায়—বন্ধশলাকাজরিপ ।

ভূমিরেখা । পর পর ভূমিরেখার প্রণালী । কোণ সমূহকে আদি ভূমিরেখার সহজে
পরিবর্তিত করা । আদি ভূমিরেখা রক্ষা করিয়া কাটা করিবার প্রণালী । থিয়েডোলাইট দ্বারা
ওরুপ করা । বন্ধনরেখা এবং পরীক্ষারেখা । প্রদ্রমালা । ... ১০৮—১২২

সপ্তম অধ্যায়—জলসমীকরণ ।

সংজ্ঞা । স্টেটম-রেখা । জলসমীকরণ গজ । জলসমীকরণ যন্ত্র । জলসমীকরণের
উপকারিতা । জলসমীকরণ কার্য । জলসমীকরণ নক্সা । সংক্ষিপ্ত জলসমীকরণ । খনির
অভ্যন্তরে জলসমীকরণ । দুরারোহ সিঁড়িগাদে জলসমীকরণ । প্রবণতা মাপক যন্ত্র । প্রদ্রমালা । ১২২—১৪০

অষ্টম অধ্যায়—বিবিধ সম্পাদ্য ।

শকল দ্বারা মাংস ভুল । সমস্তল ঐক্য নক্সাব আয়তন গ্রহীত্বিক্ষ। ন্যূনীকরণ । পৃষ্ঠঃ ।
বর্ণবর্ণা পাত করণ । ভূপৃষ্ঠের বক্রতা ও বর্শিত বক্রীভবন ভুল সমুচ্ ও তাতাদেব
ফলাফল । প্রক্সমালি । ... ১৪১—১৪২

নবম অধ্যায়—আবণ্ড বিবিধ সম্পাদ্য ।

নতিব দিক ও পরিমাণ নির্ণয় । নিয়ন্ত ও উপবিষ্ট জরিপের সম্বন্ধ স্থাপন । ওজন
কলান । চুম্বকশলোকার্জবিপের সম্বন্ধ স্থাপন । ওজন কলটিয়া বার্য কবিবার পদ্ধতি ।
গামোত্তবসম । বিচাচসমের পদ্ধতি । প্রণত উত্তর নির্ণয় করিবাব উপায় ক্রিয়া নিবোধন ।
নক্ষত্র নির্বাচন সমোচ্চবর্ণা । যথেষ্ট ব্যবস্থাপন । প্রক্সমালি । ... ১৫৩—১৫৪
নিবণ্ড ... ১৫৭—১৫৮

চিত্রের তালিকা

ক্র.সং.	বিবরণ	পৃষ্ঠা
১।	সাধারণ শিকল	৪
২।	উপযোগী ফিট	৬
৩।	দ্বিগুণীকৃত উপায়	৬
৪।	ধাপে ধাপে শিকল দ্বারা মাপ করা	৬
৫।	একটা ধাপের উপর দিয়ে শিকল দ্বারা মাপ	৬
৬।	ফিট হলে তুলানো	৬
৭।	লম্বা অপ্রাপ্ত ক্ষেত্রের ভবিষ্য	৭
৮।	কৃষ্ণ পাণ্ডি	১০
৯।	দাত নম্বর করিবাব অকর উপায়	১১
১০।	শিকল ভবিষ্যের ক্ষেত্র-পৃষ্ঠক	১২
১১।	ত্রিভুজের চূড়ার চূড়ার স্থান	১৩
১২।	দ্বিগুণীকৃত দ্বারা ভবিষ্যের ক্ষেত্র-পৃষ্ঠক	১৩
১৩।	অসমক্ষেত্রের শাপলাদ্বারা মাপ	১৪
১৪।	পঞ্চদশ চিত্রে যে ক্ষেত্র অঙ্কিত হইয়াছে তাহা ভবিষ্যের ক্ষেত্র-পৃষ্ঠক	১৫
১৫।	একটা ক্ষেত্রের শিকল দ্বারা ভবিষ্য	১৬
১৬।	একটা কয়লাপানিতে উপবিষ্ট কোন অংশে শিকল দ্বারা ভবিষ্যের ক্ষেত্র-পৃষ্ঠক	১৮
১৭।	উপযুক্ত ভবিষ্যের নম্বর	১৯
১৮।	শিকলের সাহায্যে সমক্ষেত্রের কণ	২০
১৯।	এ উপায়ান্তর	২১
২০।	শিকলের সাহায্যে ৩০ কোণ করা	২১
২১।	একটা গুটী দ্বারা মাপ করা শিকলের সাহায্যে তুলানো	২২
২২।	এ উপায়ান্তর	২৩
২৩।	চৌদশ ভূমিতে প্রাপ্ত একটা চিত্রের উচ্চতা নির্ণয় করা	২৪
২৪।	একটা অনবিশ্রাম বিন্দুর দ্বারা মাপ করা	২৫
২৫।	এ উপায়ান্তর	২৬
২৬।	চাল ধবিষ্য মাপে শিকল প্রাপ্ত কত বাদ দিতে হইবে নিকপণ করা	২৭
২৭।	চতুর্ভুজের মধ্যবর্তী দ্বারা মাপে তুল	২৮
২৮।	ত্রিভুজের কালি	২৯
২৯।	(ক) বহুভুজকে ত্রিভুজে বিভক্ত করা	৩২
	(খ) এ উপায়ান্তর	৩২
৩০।	বিকল ক্ষেত্রে বহুভুজে পবিণত করা	৩৩
৩১।	মডুভুজকে ত্রিভুজে পবিণত করা	৩৪
৩২।	ট্রাপেজিয়ামের ক্ষেত্রফল	৩৬
৩৩।	সম্বন্ধ লম্বাঘনিত ক্ষেত্রের কালি নিকপণ	৩৬
৩৪।	বগক্ষেত্রের কাগজে সাহায্যে ক্ষেত্রফল নির্ধারণ	৩৮
৩৫।	বগমানময়	৩৮
৩৬।	সেইবের ক্ষেত্রফল নির্ণয়	৪০
৩৭।	চন্দ্রা এবং ক্ষেত্রের কালি নিকপণ	৪০
৩৮।	বৃত্তক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল নির্ধারণ	৪১
৩৯।	একটা গুরে নিঃশেষিত কয়লার পরিমাণ নির্ণয়	৪১

চিহ্ন ।

পৃষ্ঠা ।

৪০।	নত স্তরে ওরূপ করণ	৪২
৪১।	কাটান এবং বাধ	৪৪
৪২।	একটা পানিতে ১৯২০ সালের ডিসেম্বর মাসের শেষ পর্যন্ত নিশেধিত কয়লার পরিমাণ	৪৭
৪৩।	চাপীয় মান	৪৯
৪৪।	সমজিঙ্গা/কাণ দ্বারা ধস্তর দৈর্ঘ্য নির্ণয়	৫০
৪৫।	কোণের ত্রিকোণমিতিক অন্তরপাত সমূহের বাণ্য।	৫১
৪৬।	ত্রিভুজের ধনুসমূহ	৫৩
৪৭।	একটা অলঙ্ঘনীয় নদীর উভয় তীরবর্তী ছই বিন্দুর দূরত্ব নির্ণয়	৫৪
৪৮।	ঐ উপায়াদ্বারা	৫৫
৪৯।	ধস্তর কেন্দ্রস্থিত কোণ নিরূপণ	৫৬
৫০।	স্তম্ভের উচ্চতা নির্ণয়	৫৬
৫১।	গুহের উচ্চতা নির্ণয়	৫৭
৫২।	চানকের গম্ভীরতা নির্ণয়	৫৮
৫৩।	ব্রহ্মের উভয় তীরবর্তী ছই বিন্দুর দূরত্ব নির্ধারণ	৫৯
৫৪।	ভূমিতে ভুলক্রমে অস্থ কোণে রেখাপাত করিলে উহা কতটা পার্শ্ব সরিয়া গাইবে	৬০
৫৫।	বাধা শূন্যতঃ মূল রেখা বর্জিত না করিয়া অস্থ দিকে যাইয়া পুনঃ মূল স্থেপায় আসা	৬২
৫৬।	খনির ডায়াল	৬৭
৫৭।	ডায়ালে ই এবং ডবলিউএর স্থান পবিবর্তন দেখান হইয়াছে	৬৮
৫৮।	অতিরিক্ত তেপায়া	৬৯
৫৯।	ডেভিসের ভাণিয়ারযুক্ত কম্পাস	৭১
৬০।	হফম্যানের জয়েন	৭২
৬১।	থর্টনের ডায়াল	৭৪
৬২।	গুডেনাতিউয়ের কোশল	৭৫
৬৩।	ডেভিসের পিয়োডোলাইট	৭৬
৬৪।	কর্ণমাণদণ্ডের বাধা	৭৭
৬৫।	কর্ণমানদণ্ড	৭৮
৬৬।	বায়ুচাপমানযন্ত্রের স্বল্প ভাণিয়ার	৭৯
৬৭।	স্বল্পদূরত্ব পরিমাপক যন্ত্রের ভাণিয়ার	৮০
৬৮।	খনির ডায়ালে ব্যবহৃত ভাণিয়ার	৮১
৬৯।	ঐ ভাণিয়ার ; ইহাতে ১ মিনিট পাঠ পাওয়া যায়	৮২
৭০।	পিয়োডোলাইটের ভাণিয়ার	৮৩
৭১।	পিতল নিম্নিত বৃত্তাকার কোণম্বন্ধনযন্ত্র ; ইহাতে কেন্দ্রবিন্দু আছে	৮৪
৭২।	মধ্যভাগ সম্পূর্ণ উন্মুক্ত বৃত্তাকার কোণম্বন্ধনযন্ত্র	৮৫
৭৩।	ভাণিয়ারসহ দ্বিবাছ্যুক্ত বৃত্তাকার কোণম্বন্ধনযন্ত্র	৮৫
৭৪।	কিউ নামক স্থানে শলাকার দৈনিক বলনবিকার	৯১
৭৫।	চুষকশলাকা দ্বারা জরিপ	৯৫
৭৬।	খনির ভিতরস্থ জরিপের ক্ষেত্র-পুস্তক ; হৃদ ও কাথির কাণ্য	৯৭
৭৭।	ঐ জরিপের নক্সা	৯৮
৭৮।	খনির ভিতরস্থ জরিপের ক্ষেত্র-পুস্তক ; দীর্ঘ শ্রাচীর নামক উপায়ে কাণ্য	৯৯—১০০
৭৯।	ঐ জরিপের নক্সা	১০১
৮০।	ভূজগ্ৰন্থের সাহায্যে জরিপনক্সা	১০২
৮১।	ভূজগ্ৰন্থের সাহায্যে ত্রাভাস-জরিপ অঙ্কন	১০৩
৮২।	আদি ভূমিপ্রকার সহিত রেখা সকল কত কোণ করে নির্ণয় করা	১১১

চিত্র।	পৃষ্ঠা।
৮৩। কোণ নক্সা করিবার প্রশালী ...	১১৪
৮৪। পানির ভিতরস্থ বন্ধশলাকাজরিপের ক্ষেত্র-পুস্তক ...	১১৫
৮৫। ঐ জরিপের নক্সা ...	১১৬
৮৬। আদি ভূমিরেখা রক্ষা করিয়া কাষ্য কলিবার উপায় ...	১১৭
৮৭। জলসমীকরণ যন্ত্রের দৃষ্টিরেখা ও প্রকৃত জলসম রেখা ...	১২২
৮৮। সপটউপেখের জলসমীকরণ গজ ...	১২৩
৮৯। সিটন ডেলাভলের জলসমীকরণ গজ ...	১২৪
৯০। জীর জলসমীকরণ গজ ...	১২৪
৯১। (ক) ডাম্পিং জলসমীকরণ যন্ত্র ...	১২৫
(গ) উৎকৃষ্ট ডাম্পিং জলসমীকরণ যন্ত্র ...	১২৬
(গ) ওয়াটস-উদ্ভাবিত জীসের পনিজলসমীকরণ যন্ত্র ...	১২৬
(ঘ) ওয়াট জলসমীকরণ যন্ত্র ...	১২৭
৯২। (ক) ষ্টিডিয়া-তার ...	১২৭
(গ) ঐ ...	১২৭
৯৩। জলসমীকরণ ক্ষিয়ার ব্যাখ্যা ...	১২৮
৯৪। জলসমীকরণ ক্ষিরা ...	১২৯
৯৫। জলসমীকরণ চেন ...	১৩০
৯৬। ঐ ...	১৩১
৯৭। ঐ ...	১৩২
৯৮। দুরারোহ সিডিগাদে জলসমীকরণ ...	১৩৬
৯৯। প্রবণতা মাপক সহজাকৃতি যন্ত্র ...	১৩৭
১০০। এবলিনর প্রবণতা মাপক যন্ত্র ...	১৩৭
১০১। ঢালের প্রবণতা ...	১৩৮
১০২। সমতল টেবিল ...	১৪১
১০৩। সরলিখন যন্ত্র ...	১৪৩
১০৪। নক্সার আয়তন বৃদ্ধি ও ন্যূনীকরণ ...	১৪৫
১০৫। ঐ ...	১৪৫
১০৬। ভূপৃষ্ঠে বক্ররেখা পাতকরণ ...	১৪৬
১০৭। পানির ভিতরে বক্ররেখা পাতকরণ ...	১৪৬
১০৮। ভূপৃষ্ঠের বক্রতা ও পানির বক্রীভবন ...	১৪৮
১০৯। ধাপে ধাপে মাপ করিতে ভুল ...	১৫১
১১০। বোর-গর্ত হইতে নতির দিক ও পরিমাণ নির্ণয় ...	১৫৩
১১১। তিনটা বোর-গর্ত হইতে নতির দিক ও পরিমাণ নির্ণয় ...	১৫৪
১১২। জরিপের সম্বন্ধস্থাপনোপযোগী ওলন ...	১৫৬
১১৩। ছুইটী চানক দ্বারা উপরিস্থ ও নিম্নস্থ জরিপের সম্বন্ধস্থাপন ...	১৫৮
১১৪। যামোস্তরযন্ত্র ; পার্শ্ব অতিরিক্ত দূরবীক্ষণ আছে ...	১৫৯
১১৫। অসমকেন্দ্রিক যামোস্তরযন্ত্র ...	১৬০
১১৬। ফাঁপা অক্ষদণ্ডযুক্ত যামোস্তরযন্ত্র ...	১৬১
১১৭। যামোস্তরযন্ত্র ব্যবহার করিবার পদ্ধতি ...	১৬৩
১১৮। ওলন ও রসির সাহায্যে ধ্রুবের নিম্নস্থ মধ্যলম্ববিন্দু নির্ণয় ...	১৬৩
১১৯। শঙ্খযন্ত্র ...	১৬৫
১২০। নক্ষত্রের সমোন্নতাংশ লক্ষ্য করিয়া মধ্যরেখা নির্ণয় ...	১৬৬
১২১। আদর্শ পিয়োডোলাইটের তলভাগ ...	১৭৩

প্রথম অধ্যায়।

ভূমিকা। রৈখিক পরিমাণ (linear measurements).

খনির জরিপ করিতে হইলে সাধারণতঃ কোণ, দূরত্ব এবং উচ্চতা ইত্যাদি মাপ করিতে হয়। এই সমস্ত মাপের সাহায্য জরিপকারী (surveyor) খনির নক্সা (পাতিত চিত্র) ও ছেদ * প্রস্তুত করিতে সমর্থ হন। এই নক্সা ও ছেদ দ্বারা খনির প্রকৃত অবস্থার ক্ষুদ্র স্বরূপচিত্র ছবি পাওয়া যায়। ফলে, খনির নিরবচ্ছিন্নভাবে কার্য্য নিৰ্ব্বাহের সুবিধা হয়।

কোন দ্রবোর নক্সা অঙ্কিতে হইলে সেই দ্রবাস্থিত সমস্ত বিন্দুকে একটী ক্ষিতিজতলে প্রক্ষিপ্ত (projected) বলিয়া কল্পনা করিতে হয়, এবং বিন্দুগুলির এই তলে পারস্পরিক স্থিতিসম্বন্ধ নক্সায় প্রদর্শিত হয়। সেইরূপ কোন দ্রবোর ছেদ দেখাতে হইলে এই দ্রবাস্থিত বিন্দুগুলিকে একটী উল্লম্ব তলে প্রক্ষিপ্ত বলিয়া কল্পিত হয়, এবং বিন্দু সমূহের এই তলে তাদৃশ স্থিতিসম্বন্ধ ছেদে নির্দিষ্ট হয়। নক্সা এবং ছেদে দ্রবাস্থিত বিন্দুগুলির যে সমস্ত পারস্পরিক স্থিতিসম্বন্ধ দেখান হয়, সেই সকল সম্বন্ধ একটী সীমাক্ষরেখমানচিত্রে (contour map) এক সঙ্গে প্রদর্শিত হইতে পারে। এই মানচিত্র বহুকার্য্য এবং প্রধানতঃ ভূতত্ত্ব সম্বন্ধীয় (geological) জরিপে আবশ্যক হয়। কয়লাখনিতে ইহার ব্যবহার কদাচিৎ হইয়া থাকে। কয়লাখনিতে সাধারণতঃ নক্সা এবং ছেদই যথেষ্ট। জরিপ কার্য্যের সমস্ত মূলতত্ত্বই একমাত্র জ্যামিতি হইতে উৎপন্ন। অতএব জ্যামিতির মুখ্য নিয়মগুলির সহিত পরিচিত ছাত্রের পক্ষে উহাদিগকে জরিপ কার্য্যে প্রয়োগ করা সহজ সাধা।

সকল প্রকার খনিজরিপই বিশেষ সতর্ক হইয়া করা আবশ্যক। কারণ এই জরিপ দ্বারা ভূগুণ্ডে খনির সীমানা নির্দিষ্ট হয়, এবং উপরিস্থ সমস্ত চিহ্ন (surface marks) ও খনির সীমানার সহিত নিম্নস্থ যাবতীয় কার্য্যের (নিম্নস্থ

* কোন দ্রবোর ক্ষিতিজতলগত (ক্ষিতিজতল horizontal plane) লম্বচ্ছায়া (projection) নক্সা (plan), এবং এই দ্রবোর কল্লম কলনে কবিলে বাকীর উল্লম্ব তলগত (উল্লম্ব তল vertical plane) লম্বচ্ছায়া (section) বলে।

কার্য (underground workings) সাহায্যকারী সম্পর্ক নক্সায় যথাযথ অঙ্কিত হয়। সম্পত্তির আকৃতি অনুসারে যে ভাবে নিম্নস্থ কার্য চালাইলে খনি শ্রান্ত মুকলপ্রদ হইবে এই জরিপের সাহায্যে সেইভাবে কার্য চালিত হয়। এতদ্বারা পার্শ্ববর্তী খনিতে নিম্নস্থ কার্য অবৈধভাবে চালান নিবারণিত হয়; এবং উপরিস্থ বহুমূল্য গৃহগুলির কথা রেল, খাল, নদী এবং প্রয়োজনীয় নালা ইত্যাদির যাহাতে অনিষ্ট না হয়, সেইজন্য উহাদের নীচে কাঁথি (pillar) ছাড়া যাইতে পারে।

মালকাটা অথবা খনকগণ (miners) যাহাতে সমস্ত রাস্তার বিশেষতঃ হলেজ রাস্তার অর্থৎ যে স্থানে কলে গাড়ী টানিয়া কয়লা বহন করা হয় তাহার (haulage roads) দিক ঠিক রাখিতে পারে, তন্নিমিত্ত প্রায় প্রত্যহ জরিপকারীকে খনির অভ্যন্তরে রাস্তা নির্দেশক রেখা সমূহ টানিয়া রাখিতে হয়। মাঝে মাঝে তাঁহাকে রাস্তা এবং নির্দেশিত স্থান সমূহ (workings) মাপিয়া নক্সায় বসাইতে হয়। এইরূপ বসাইলে জরিপের তারিখ পর্যন্ত * আওতানগুলি অর্থাৎ যে সকল স্থান হইতে কয়লা কাটা হইতেছে সেই স্থানগুলি (working faces) নক্সায় থাকিবে। তিনি রাস্তার প্রবণতা (gradient), জল নিকাশের বন্দোবস্ত এবং স্থানচ্যুতি (fault) ভেদ করিয়া রজ্জ (drivage) খনন করিতে জলসমীকরণ (level) যন্ত্রযোগে বাস্তবিক বিভিন্ন অংশের উচ্চাচতা স্থির করেন। পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন দুইটা স্থানকে একটি রাস্তা দ্বারা ঠিক সংযোজিত করিতে হইলে সেই রাস্তা কি ভাবে যাইবে জরিপকারীকে নির্দেশ করিতে হয়। একটি নক্সায় একটি বিন্দু লই ল অন্য নক্সায় কোন বিন্দু পূর্ব বিন্দুর ঠিক উপরে অবস্থিত তাহাও জরিপকারী সূক্ষ্মভাবে নির্ণয় করেন; উহার একটি উদাহরণ—ভূপৃষ্ঠ হইতে কয়লার স্তরে বা স্তর হইতে স্তরান্তরে বাষ্প ইত্যাদি শক্তি প্রেরণ করিতে হইলে কোন স্থলে বোর-গর্ত (bore hole) করিতে হইবে তাহা নিরূপণ করা। টব-গাড়ী যাহাতে রাস্তায় নির্বিঘ্নে যাইতে পারে, সেই নিমিত্ত রাস্তার কোন কোন স্থান বক্র হওয়া আবশ্যিক, এবং ঐ স্থানে বক্ররেখা (curve) কি ভাবে যাইবে, জরিপকারীকে দেখাইতে হয়। এই কার্যানিচয় বিশেষ যত্নের সহিত করা একান্ত বাঞ্ছনীয়, এবং ইহা স্মরণ রাখিতে হইবে যে, ভূপৃষ্ঠ অপেক্ষা খনির ভিতরে কাজ করা অধিকতর কষ্টকর। কারণ খনির ভিতরে সমস্ত কার্যই সঙ্কীর্ণ এবং প্রায়ই বক্র ও বন্ধুর রাস্তায় করিতে হইবে। এতদ্ব্যতীত ঐ সকল স্থান অন্ধকারময়, কেবল মাঝে মাঝে তথায় খনকগণের বাতি দ্বারা কোন কোন স্থান অল্প আলোকিত হয়।

* ভারতীয় কয়লা খনির আইন (Indian Coal Mines Regulation Act) মতনসারে ছয় মাস পূর্ববর্তী খনির সমস্ত কার্য নক্সায় অবশ্য অঙ্কিত রাখিতে হইবে।

নক্সায় অঙ্কিত করিবার জুনা রৈখিক পরিমাণের যে ক্ষুদ্রতম একক ব্যবহৃত হয়, তাহাই ফুট। উদ্ধৃতিঃ তলে ছেদ দেখাইতে হইলে ফুটকে দশ এবং শতভাগে বিভক্ত করা হয়। নিম্নে রৈখিক পরিমাণের সাধারণ এককাবলির তালিকা প্রদত্ত হইল :-

রৈখিক পরিমাণের একক-
বলি (units of linear
measurements)

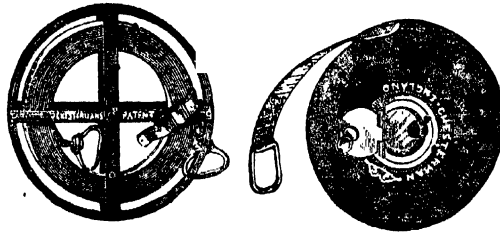
	মাইল।	ফার্লং।	পোল।	গজ।	ফুট।
মাইল	...	১			
ফার্লং	...	৮	১		
পোল	...	১৬০	৪০	১	
গজ	...	১৭৬০	২২০	১৬	১
ফুট	...	৫২৮০	৬৬০	১৬৮	১২

উপরোক্ত এককাবলি বাতীত ইংলণ্ড ও স্কটলণ্ড দেশে ফ্যাডম (fathom দুই গজ) এবং গান্টারের শিকল (Gunter's chain ৬৬ ফুট) নামক এককদ্বয় বিশেষ প্রচলিত। ১০ গান্টারের শিকল ঠিক ১ ফার্লংয়ের সমান। এবং ১০ বর্গ শিকলে এক একর (acre) হয় বলিয়া এই শিকল কার্যোপযোগী। ইহার শততমভাগকে লিঙ্ক (link) বলে। এক লিঙ্ক ৭.৯২ ইঞ্চির সমান; অতএব লিঙ্কের ব্যবহার সুবিধাজনক নহে। ভারতবর্ষে ১০০ ফুট শিকল সর্বত্র প্রচলিত। উহার এক লিঙ্ক এক ফুট। মৌণ্ডের উপর উহা অধিকতর ব্যবহার্য যন্ত্র। শিকল লৌহ কিম্বা ইস্পাতের তার দ্বারা প্রস্তুত হয়। প্রত্যেক লিঙ্ক পরবর্তী লিঙ্কের সহিত তিনটি ছোট ছোট কড়া (ring) দ্বারা সংযুক্ত। যাহাতে লিঙ্ক পাক লাগিয়া না যায় তন্নিমিত্ত শিকলের প্রান্তে হাতল দুইটি উহার সহিত স্ৱইভেল-জয়েন (swivel joint) দ্বারা সংযুক্ত। অতএব হাতলকে অবাধে ঘুরাইতে পারা যায়। প্রত্যেক দশম লিঙ্কে একটা পিতলের পদক (tally) থাকে। চিত্রে পদক দেখান হইয়াছে। উহাতে এইরূপে দাত কাটা আছে যে, শিকলকে উভয় দিক হইতে সমান সুবিধামত পাঠ করা যায়। দুই পদকের মধ্যবর্তী পঞ্চম লিঙ্ক একটা ছোট অতিরিক্ত কড়া বুলান আছে। সাধারণ ফিতা, ইস্পাতের ফিতা এবং মাপচক্র (measuring wheel) ইত্যাদি যন্ত্র দ্বারাও রেখা পরিমিত হয়। সাধারণ ফিতা অল্পদিন ব্যবহারেই বাড়িয়া যায়, কাজেই মাপ নির্ভুল হয় না। যন্ত্র সহকারে ব্যবহার করিলে ইস্পাতের ফিতার সাহায্যে সঠিক মাপ পাওয়া যায়, কিন্তু অসাবধানে কাজ করিলে উহাতে গাঁট লাগিবার সম্ভাবনা। মাপচক্রের ব্যাস ২ ফুট। উহাকে জমির উপর গড়াইলে পাগাড়ীতে সংযুক্ত দূরত্ব মাপক যন্ত্রে

(cyclometer) যে ভাবে আপনা হইতে দূরত্ব সূচিত হয় তাহা দ্বারাও প্রায় সেইভাবে দূরত্ব নির্ধারিত হয়। এতদ্বারা দ্রুত কার্য্য হয়, কিন্তু কেবল অবস্থার জমিতেই যথাযথ ফল পাওয়া যায়।



১ চিত্র—সাধারণ শিকল।



২ চিত্র—ইম্পার্টেব ফিতা।

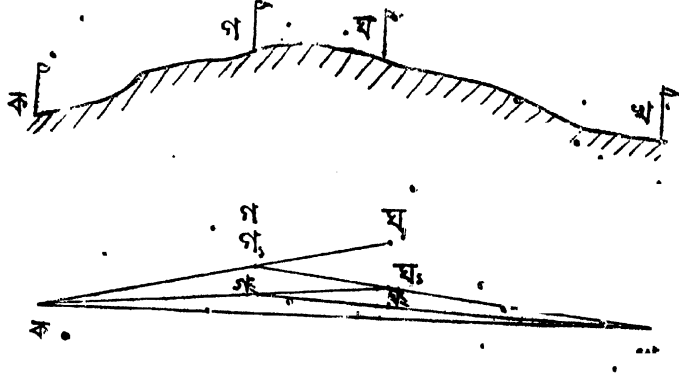
উপরিস্থ জরিপ (surface survey) কার্য্যে সূর্য্য বা সূর্য্য (arrow or dart) বিশেষ প্রয়োজনায়। সূর্য্য সাহায্যে প্রত্যেক সম্পূর্ণ শিকলের প্রান্ত

জমিতে চিহ্নিত হয়। উহার সংখ্যা ১০টা। অতএব সমস্ত ব্যবহৃত হইলে স্বতঃই ১.০০০ ফুট (অথবা লিঙ্ক) গণিত হয়। খনির ভিতরে রাস্তার তলি (floor) কঠিন বলিয়া নিম্নস্তর জরিপে সূয়া ব্যবহার করা যায় না। ঐ স্থানে অগ্রগামী কুলি (leader) প্রত্যেক শিকল যেখানে শেষ হয়, তথায় লৌহবন্ধের (rail) উপর চাখড়ির দাগ দেয়। এবং কতগুলি সম্পূর্ণ শিকল হইল তাহাও লিখিয়া রাখে। প্রতিবন্ধক শূন্য চৌরস ভূমিতে শিকল দ্বারা মাপ করা অত্যন্ত সহজ।

শিকলের রেখাগুলিকে অর্থাৎ শিকল দ্বারা পরিমিত রেখা (chain lines) চিহ্নিতকালে মাপ করার সমূহকে জরিপকারী স্বজ্ঞভাবে রাখিতে সূত্রে চেষ্টিত থাকিবেন। এরূপ করিতে হইলে অগ্রগামী কুলি (follower) যে দিকে শিকল দ্বারা মাপিতে হইবে সেই দিকস্থিত একটা দূরবর্তী পদার্থকে লক্ষ্য করিবে। এবং শিকল যে পর্যন্ত না সেই দ্রব্যের সহিত এক রেখায় আইসে সে পর্যন্ত অগ্রগামী কুলিকে দক্ষিণে এবং বামে সরিতে বলিবে। জমির বন্ধুরতা নিবন্ধন দূরবর্তী পদার্থ ঠিক করিতে না পারিলে কতগুলি ঝাণ্ডা (staff) শ্রেণীবদ্ধ (ranging) করিয়া স্বজ্ঞ রেখা বন্ধ করিতে হইবে। ঝাণ্ডার এক প্রান্ত লৌহের পাতে মুড়িয়া প্রেকের মত করা হয়। ঐ প্রান্ত জমিতে প্রোথিত হয়। অবশ্য অগ্রে প্রত্যেক ঝাণ্ডাকে অন্য দুইটি ঝাণ্ডার সাহায্যে উহার সহিত এক রেখায় আনিতে হইবে। খনির ভিতর এই কার্য বাতির সাহায্য করা হয়। শিকল দ্বারা যে রেখা মাপা হইতেছে তাহাতে কখন কখন গৃহ, ঘাসের স্তূপ ইত্যাদি এমন বহু বাধা আসিতে পারে যাহাদের উপর দিয়া মাপ করা যায় না। এমতকালে রেখা ত্যাগ করিয়া প্রতিবন্ধকের অন্য পাশে পূর্বানুসৃত দিকেই উহাকে চালান যাঁতে পারে। এতদ্বিষয় অধ্যায়ের শেষে সম্পাদ্যের মধ্যে বর্ণিত হইয়াছে।

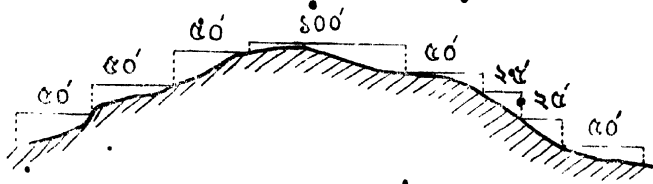
বন্ধুর জমিতে এক রেখায় ঝাণ্ডা শ্রেণীবদ্ধ করিবার সময় প্রায় দেখা যায় যে, রেখার শেষে ঝাণ্ডা অথবা চিহ্ন একটা ক্ষুদ্র মূর্তিকাস্তূপের অন্তরালে থাকিতে কিস্তিগণের নিমিত্ত দৃষ্টিগোচর হইতেছে না। এক্ষেত্রে পশ্চাদ্বর্তী ঝাণ্ডার সাহায্যে রেখাটা পূর্বমত বন্ধিত করা যাইতে পারে। কিন্তু যদি পশ্চাদ্বর্তী ঝাণ্ডাও অদৃশ্য হয়, তবে নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বনীয়। কোন স্থানে শিকল দ্বারা মাপ হইতেছে। ঐ স্থানের নক্সা ও ছেদ তৃতীয় চিত্রে দেওয়া হইল। দুইটি ঝাণ্ডা-কুলি (flagman) এমন স্থানে দাঁড়াইবে যেখান হইতে উভয়েই যেন ক এবং খ বিন্দু দেখিতে পায়। মনে কর নক্সায় গ এবং ঘ তাহাদের প্রথম স্থান। ঘ কুলি গ কে ক এর সহিত এক রেখায় গ স্থানে স্থাপিত করিবে। গ কুলি ঘ কে খ এর সহিত এক রেখায় ঘ স্থানে স্থাপিত করিবে। এই প্রকারে পর্যায়ক্রমে স্থাপিত হইলে উহার এমন জায়গায় আসিবে যেখান হইতে

কোন কুলিকেই সরিয়া যাইতে হইবে না। ঐ স্থানই ক এবং খ এর সহিত এক রেখায় হইবে। এই উপায়ে ঝাণ্ডি ত্রিশ্রণীবদ্ধ করাকে দ্বিশ্রণীবদ্ধ (double ranging) উপায় বলে।



৩ চিত্র—দ্বিশ্রণীবদ্ধ উপায়।

বিশেষ কারণ ব্যতীত সমস্ত মাপই ক্ষিতিজতলে (horizontally) লইতে হইবে। ঐ বিধগী অত্যন্ত প্রয়োজনীয়। জমির অল্প ঢাল ভূপৃষ্ঠে যত স্পষ্ট বুঝা যায় নিম্নে (underground) তত বুঝা যায় না। এবং সেই হেতু খনির ভিতরে জরিপকারী এরূপ মাপ লইতে অনেক সময় বিস্মৃত হন। ক্ষিতিজতলে বস্তুর লম্বচ্ছায়া কে নক্সা বলে; সেই জন্য ঐ তলে মাপ বিশেষ আবশ্যক। একটা পর্বত সুড়ঙ্গ ভেদ করিয়া নির্গত রেল পথের বিষয় চিন্তা করিলেই অন্য প্রকার মাপের আয়োজিকতা সহজে বোধগম্য হইবে। সুড়ঙ্গের দৈর্ঘ্য উহার ভিতর দিয়া অথবা পর্বতের উপর দিয়াও শিকল দ্বারা মাপা যায়। শেষোক্ত উপায়ে ক্ষিতিজতলে মাপ (horizontal measurement) না হইলে জরিপকারী নক্সায় অঙ্কিত করিবার জন্য সুড়ঙ্গের দুইটা বিভিন্ন মাপ পাইবেন। ইহা অত্যন্ত অসঙ্গত।



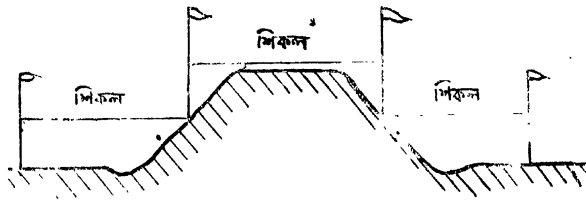
৪ চিত্র—থাপে থাপে শিকল দ্বারা মাপ করা: উচ্চাধঃ দূরত্বগুলি বৃহৎ মানান্তরমানে অঙ্কিত হইয়াছে।

ঢাল জায়গার উপরে অথবা নীচের দিকে শিকল দ্বারা মাপিবার সাধারণ উপায় চতুর্থ চিত্রে সহজবোধ্য করিয়া অঙ্কিত হইয়াছে। ঢাল কম হইলে সম্পূর্ণ

শিকল ব্যবহার করা যাইবে, কিন্তু প্রারম্ভেই উহার অঙ্কায়ন আবশ্যক হয়। প্রবণতা বিভিন্ন হইলে স্থূলতঃ শিকলের কত অংশ ব্যবহার করিতে হইবে, নিম্ন তালিকা হইতে তাহা পাওয়া যাইবে। উহাতে নীচের দিকের কুলি শিকলের প্রান্ত ৫ ফুট উদ্ধে ধরিবে এইরূপ অনুমান করিয়া তালিকায় প্রতি ধাপের ক্ষিতিজতলে মাপ ফুটে দেওয়া হইয়াছে।

নতির কোণ। (angle of dip)।	নতির পরিমাণ। (amount of dip)।	প্রতি ধাপের ফুটে ক্ষিতিজতলে মাপ।
১°	২০ এ ১	১০০
৪°	১৫ এ ১	৭৫
৫°	১২ এ ১	৬০
৬°	১০ এ ১	৫০
৭°	৮ এ ১	৪০
১১°	৫ এ ১	২৫
১৪°	৪ এ ১	২০

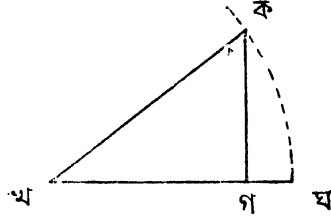
কাধোর সুবিধার নিমিত্ত সাধারণতঃ প্রতি ধাপ ২৫ কিম্বা ৫৬ ফুট করা হয়। পঞ্চম চিত্রে এক লজ্বনায় দ্রবোর (যাহার উপর দিয়া মাপ করা যায়, যথা রেল পথের বাঁধ) উপর দিয়া শিকল দ্বারা মাপিবার সরল উপায় প্রদর্শিত হইল।



৫ চিত্র—একটা বাধের উপর দিয়া শিকল দ্বারা মাপ।

একটা লম্বা চালু জায়গার সমস্ত অংশের প্রবণতা (gradient) একরূপ, এবং তাহার পরিমাণ জানা আছে। এস্থলে উপরে কিম্বা নীচের দিকে চাল ধরিয়া (along the slope) শিকল দ্বারা মাপিলে শ্রম লাঘব হইবে, অপিচ সময়ও কম লাগিবে। পরে অফিসে ঐ মাপ হইতে ক্ষিতিজতলে দূরত্ব নিরূপিত হইতে পারে। খনির কার্যে ঐদৃশ চাল সর্বদা পাওয়া যায় না। জায়গার প্রবণতা অধিক হইলে যদি সাধারণ উপায়ে মাপ করিতে হয়, তবে প্রত্যেক প্রাপ্য অত্যন্ত ক্ষুদ্র হইবে; ফলে, কার্য বিরক্তিকর হইবে। এইরূপ স্থানকে বিভিন্ন চালে ভাগ করিয়া প্রত্যেক চাল শিকল দ্বারা মাপিতে হইবে। পরে মাপগুলির ক্ষিতিজতলে

তুল্যমান (horizontal equivalent) গণনা করিলেই চলিবে। উদাহরণ স্থলে—যষ্ঠ চিত্রে খক রেখা ঠাল ধরিয়া মাপা হইয়াছে। কথখ কোণ জানা আছে।



৬ চিত্র।

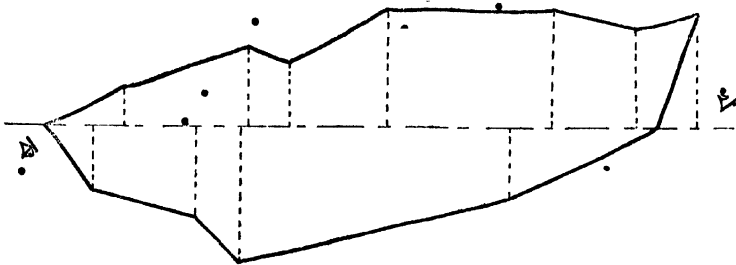
এবং যদি ক্ষিতিজতলগত রেখা খঘ এর উপর কগ লম্ব (perpendicular) টানা হয়, তবে খগ খক এর ক্ষিতিজতলে তুল্যমান। এখন খগ কে মাপিয়া নক্সায় অঙ্কিত করা যাইবে। এভাবে মাপিবার অনুশীলন অধ্যায়ের শেষ ভাগে সম্পাদকের মধ্যে দৃষ্ট হইবে।

এই প্রকার অথবা ষ্ট্রদশ প্রশ্নের মীমাংসা করিতে ছাত্রদিগের নিম্নলিখিত তালিকার প্রয়োজন হইবে :—

কোণ।	প্রতি গড়ে কত ডিগ্রি।	প্রবণতা	শিকল প্রতি কত বদ দিতে হইবে।
১°	১০৮	১২° ৫১	০.২৪
২°	২০১	১৪° ৫১	০.২৪
৩°	৩১৫	১৬° ৫১	০.২৪
৪°	৪২৮	১৮° ৫১	০.২৪
৫°	৫৪২	২০° ৫১	০.২৪
৬°	৬৫৬	২২° ৫১	০.২৪
৭°	৭৭০	২৪° ৫১	০.২৪
৮°	৮৮৪	২৬° ৫১	০.২৪
৯°	৯৯৮	২৮° ৫১	০.২৪
১০°	১১১২	৩০° ৫১	০.২৪
১১°	১২২৬	৩২° ৫১	০.২৪
১২°	১৩৪০	৩৪° ৫১	০.২৪
১৩°	১৪৫৪	৩৬° ৫১	০.২৪
১৪°	১৫৬৮	৩৮° ৫১	০.২৪
১৫°	১৬৮২	৪০° ৫১	০.২৪
১৬°	১৭৯৬	৪২° ৫১	০.২৪
১৭°	১৯১০	৪৪° ৫১	০.২৪
১৮°	২০২৪	৪৬° ৫১	০.২৪
১৯°	২১৩৮	৪৮° ৫১	০.২৪
২০°	২২৫২	৫০° ৫১	০.২৪
২১°	২৩৬৬	৫২° ৫১	০.২৪
২২°	২৪৮০	৫৪° ৫১	০.২৪
২৩°	২৫৯৪	৫৬° ৫১	০.২৪
২৪°	২৭০৮	৫৮° ৫১	০.২৪
২৫°	২৮২২	৬০° ৫১	০.২৪
২৬°	২৯৩৬	৬২° ৫১	০.২৪
২৭°	৩০৫০	৬৪° ৫১	০.২৪
২৮°	৩১৬৪	৬৬° ৫১	০.২৪
২৯°	৩২৭৮	৬৮° ৫১	০.২৪
৩০°	৩৩৯২	৭০° ৫১	০.২৪

ধাপে ধাপে (in steps) শিকল দ্বারা মাপ করিবার সময় স্মরণ রাখিতে হইবে যে, শিকলকে ক্ষতিজতলে প্রসারিত করিতে চেষ্টা করিলে দুইটী ব্যাপার সংঘটিত হয়; অর্থাৎ যতই জোরে টানা যাউক না কেন শিকলের মধ্যভাগ ঝুলিয়া পড়ে, সেইজন্য মাপ ছোট হয়, এবং সঙ্গে সঙ্গে টম্পাত স্থিতি-স্থাপক (elastic) বলিয়া শিকল কতকটু বাড়ে, এইহেতু মাপ বড় হয়। এই দুইটী ব্যাপারে পরস্পরের প্রতিক্রিয়া হয়, এবং উহাদের সামঞ্জস্য করিতে হইলে একটী নির্দিষ্ট বল প্রয়োগ আবশ্যক। অধ্যাপক লুই (Prof. Louis) শিকল লইয়া পরীক্ষা করিয়া দেখিয়াছেন। তিনি বলেন প্রচলিত ৬৬ ফুট লম্বা গাণ্ডারের শিকলকে ১৫ পাউণ্ড বলে টানিলে ঠিক যতটুকু বাড়ে, তদ্বারা ঝুলিয়া যাওয়ার প্রতিক্রিয়া হয়। অতএব ঝুলাইয়া মাপিবার সময় ৫০ ফুট লম্বা শিকলাংশ ব্যবহার করিয়া নির্ভুল ফল পাইতে হইলে মোটামুটি ১২ পাউণ্ড বল প্রয়োগ আবশ্যক। একটী প্রয়োজনীয় জরিপ করিবার পূর্বে ও পরে এবং দৈনিক কার্য্যের জ্ঞাত সময়ে সময়ে সম্পূর্ণ শিকল এবং মধ্যবর্তী দশম লিঙ্ক সমূহের দৈর্ঘ্য পরীক্ষা করা ও আবশ্যকমত শোধন করা উচিত। টম্পাতের ফিতার সহিত তুলনা করিয়া শিকল পরীক্ষা করা যায়; কিন্তু একটী ফিতা কেবল এই কার্য্যের জ্ঞাত রাখিতে হইবে। প্রস্তরের কিশ্বা বিলাতী মাটির পাকা মেঝেতে খাটালির সাহায্যে সম্পূর্ণ শিকলের এবং দশম লিঙ্কগুলির দাগ কাটিয়াও শিকল পরীক্ষা করা চলে। এই কার্য্যের জ্ঞাত একটী লম্বা পাকা বারান্দা পিঁশেব উপযোগী।

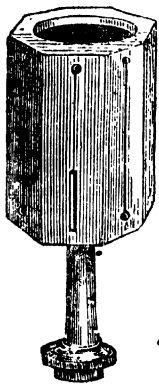
অত্যন্ত সহজ ভাবে জরিপ করিতে হইলে একটী দিকে শিকল দ্বারা ঝাজু রেখা মাপ কর হয়, এবং এই রেখা হইতে প্রধান দ্রব্যগুলির শাখাদূরত্ব মাপা হয়। লম্বা অগ্রশস্ত্র ক্ষেত্র এই ভাবে জরিপ করা হয়। সপ্তম চিত্রে এইরূপ জরিপের নক্সা দেওয়া হইল। উহা একটী সরল রেখা হইতে শাখাদূরত্ব মাপিয়া বরা হইয়াছে। এই জরিপের ক্ষেত্র-পুস্তক (field-book) লিখন প্রণালী নিম্নে দেখান হইল :-



৭ চিত্র : ● মান ২০০ ফুট = ১ ইঞ্চি।

	খ	
	৩	
	১৩৫০	
বেড়ার কোণ	২০৮	১১৮৪
		১১১৬
	১৮০	১১৭১
	১১৪	১০০৫
		৯৪৭
	১১৫	৭০০
	১১৬	৫১৮
	১৪৩	৪৫০
		৪৩৪
		৩৪৬
	৬৫	১১০
		১৬০
		৭০
	৩	১১১
	ক	বেড়ার কোণ

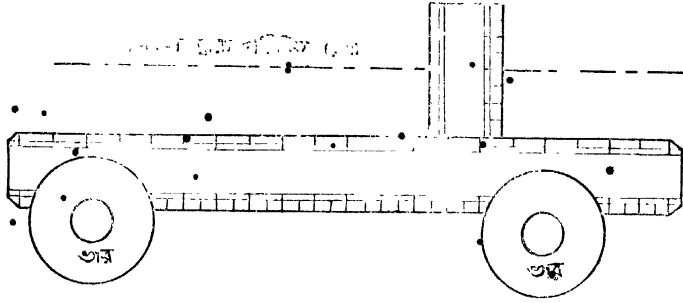
শিকলের রেখার (chain line) সহিত শাখাদূরত্ব সমকোণে হইবে। মোটামুটি কার্ঘ্যের জন্য সমকোণ নজরে (কেবল চক্ষু দ্বারা) ঠিক করা হয়; কিন্তু সূক্ষ্ম কার্ঘ্যে শিকল কিম্বা ফিতার ব্যবহার করা উচিত। অধ্যায়ের শেষে সম্পাদকের মধ্যে এই প্রসঙ্গ আলোচিত হইয়াছে। এইরূপ কার্ঘ্যে ক্রস-বাণ্ড (cross-staff) ব্যবহৃত হয়। একটা সরলাকৃতি ক্রস-বাণ্ডের ছবি অষ্টম চিত্রে প্রদত্ত হইল।



চিত্র—ক্রস-বাণ্ড।

বাণ্ডের সূচাল প্রান্ত জমিতে প্রোথিত করিয়া উহার একটা দৃষ্টিফলক (sight vane) শিকলের রেখার দিকে রাখিবে। অন্য ফলক পূর্বোক্তটির সমকোণে থাকে। ইহা দ্বারা ঐ বস্তুর শাখাদূরত্ব মাপা আবশ্যক তাহাকে দেখিতে হইবে, এবং কয়েকবার ইতস্ততঃ সরাইয়া বাণ্ডকে এমন স্থানে রাখিতে হইবে যেখান হইতে ঐ বস্তুরে কর্তন করা (intersect) যাইতে পারে, অর্থাৎ বাণ্ডের দৃষ্টিরেখা (line of sight) বস্তুর সহিত এক রেখায় আসিতে পারে। এখন ক্রস-বাণ্ডের দৃষ্টিরেখা শিকলের রেখার সমকোণে হইবে। এক টুকরা সম-চতুরশ্র (square) তক্তার উপরে করাত দ্বারা দুইটা দাগ পরস্পর লম্বভাবে করিবে, এবং কাষ্ঠখানি একটা

পায়ায় প্রোকের সাহায্যে সমকোণে আঁটয়া দিলে একটা সহজ এবং কার্যোপ-
যোগী ক্রশ-বাণ্ডি হইবে। শাখাদূরত্ব নক্সায় অঙ্কিত করিতে হইলে যে সকল
বিন্দু হইতে এই দূরত্বগুলি মাপ করা হইয়াছে সেইগুলি শিকলের রেখায়
অঙ্কিত করিবে ; এবং এই বিন্দু সমূহের মধ্য দিয়া আলু জোরে (lightly) উক্ত
রেখার সমকোণে রেখা টানিয়া তাহাতে সঙ্গে সঙ্গে শাখাদূরত্ব মানান্তুসারে
(to scale) মাপিয়া বসাইবে। নবম চিত্রে দ্রুত নক্সা করিবার শ্রুকের উপায়

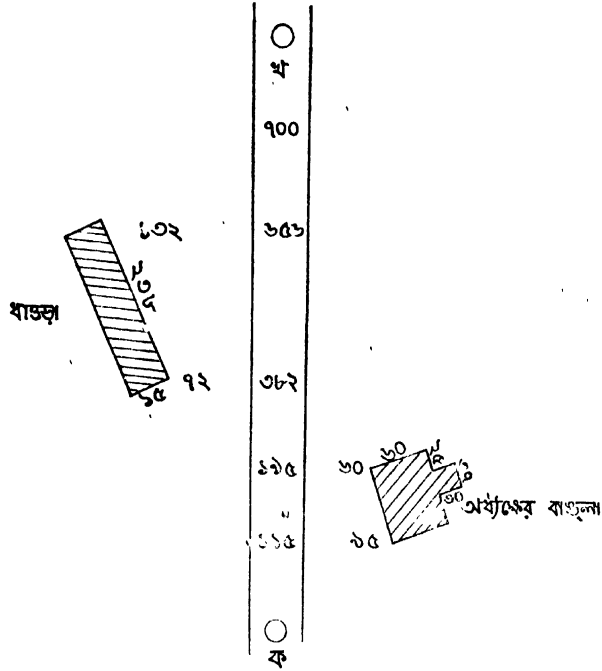


৯ চিত্র।

প্রদর্শিত হইল। প্রত্যেক নক্সা করিবার যন্ত্রের বাঞ্ছ (drawing instru-
ment box) দুই একটা ছোট গজদহের প্রায় দুই ইঞ্চি লম্বা রেখামানদণ্ড
(linear scale) দেওয়া থাকে। ইহা ব্যবহার করিবার প্রণালী চিত্রে দেখান
হইয়াছে। শিকলের রেখার এক ইঞ্চি অন্তরে বড় মানদণ্ডটা বসাইয়া
উহার উপর একটা ভার চাপাইবে, এর ছোট দণ্ডটা বড়টার পার্শ্বে রাখিয়া
যেকোনো সেট-স্কয়ার (set square) টি-স্কয়ারের T square পার্শ্বে স্থাপিত
করিয়া সরান হয় সেইরূপে পিছলাইয়া সরাইবে। ছোট মানদণ্ডের কেন্দ্রেখা
শিকলের রেখার উপর থাকিবে, এবং তীক্ষ্ণ সূচাগ্র কাগজে বিদ্ধ করিয়া শাখা-
দূরত্ব দ্রুত কাগজে অঙ্কিত করিবে। শাখাদূরত্ব দীর্ঘ হইলে এক ইঞ্চি মানদণ্ডে
কুলাইবে না। সুতরাং এই উপায় সম্ভবপর নহে।

যে জরিপে কেবল শিকল দ্বারা পাঙ্ক রেখা পরিমিত ও উহা হইতে শাখাদূরত্ব
মাপ করা হয় তাহাতে গৃহ ইত্যাদি সহজেই জরিপ করিয়া নক্সা করা যায়,
বিশেষতঃ ঘরের দেওয়ালগুলি যদি পরস্পর সমকোণে থাকে। দশম চিত্রে এই
জরিপের উদাহরণস্বরূপ ক্ষেত্র-পুস্তকের এক পৃষ্ঠা দেওয়া হইল। ছাত্রেরা
অন্যায়সে উহাকে অঙ্কিত করিতে পারিবে।

ফেবল শিবেল দ্বারা জরিপ করিতে হইলে ত্রিভুজের সাহায্য লওয়া
(the help afforded by the triangle)। কারণ মনে কর, একটি ত্রিভুজে ভূমির
(base) দৈর্ঘ্য জানা আছে, এবং উহার বাহুদ্বয়
(sides) মাপ করা হইয়াছে, তবে উহার চূড়া (apex)
নক্সায় যথাযথ অঙ্কিত করা যাইতে পারে। দৃষ্টান্ত-

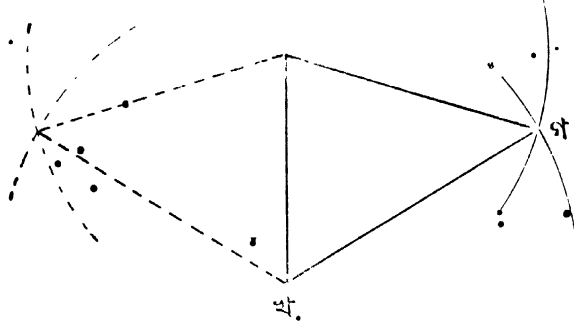


১০ চিত্র।

স্থলে—একাদশ চিত্রে যদি কখ ভূমি এবং খগ ও কগ বাহুদ্বয়ের দৈর্ঘ্য জানা থাকে, তাহা হইলে ক এবং খ কে কেন্দ্র করিয়া দুইটি বৃত্ত টানিলে উহারা গ বিন্দুতে পরস্পর কণ্ঠন করিবে। এই বিন্দুই ত্রিভুজের চূড়া। চিত্র হইতে বুঝা যায়, আমরা গ বিন্দুর কেবল দুইটি স্থান পাইতে পারি; কিন্তু কেবলমাত্র অত্যল্প অসাবধানে ক্ষেত্র-পুস্তক লিখিত হইলে কোন্ বিন্দুটি ঠিক সে বিষয়ে জরিপকারীর সন্দেহ হইতে পারে।

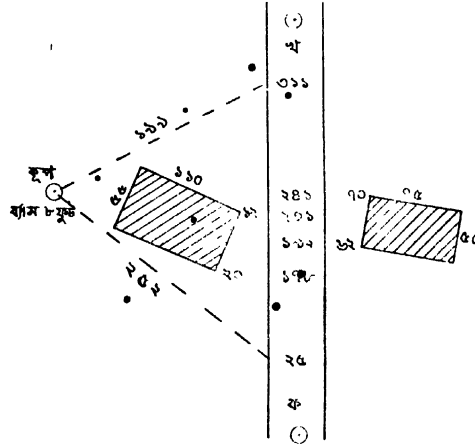
কোন দ্রব্য দ্বারা অবস্থিত বলিয়া অথবা অগ্নি কারণে উহার শাখাদূরত্ব মাপা যাইতেছে না, কিন্তু উহাকে নক্সায় অঙ্কিত করিতে হইবে। দ্রব্যটিকে

ত্রিভুজের সাহায্যে অতি সহজে নক্ষত্র দেখান (অঙ্কিত করা) যাইতে পারে।
এবং যিহ দ্রব্যের নক্ষত্র শিক্ষা করিবার নিমিত্ত নিম্ন বাদশ চিত্রে ক্ষেত্র-পুস্তকের
এক পৃষ্ঠা দেওয়া হইল। ছাত্রেরা উহার নক্ষত্র করিবে। ইহা সর্বদাই মনে



১১ চিত্র।

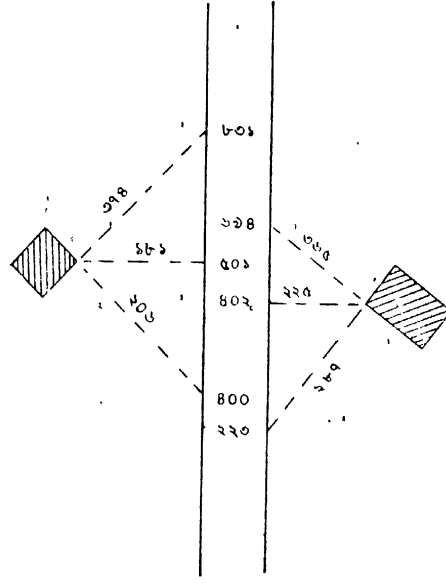
রাখিতে হইবে, প্রায় সমবাহু ত্রিভুজ * হইতেই সূক্ষ্ম ফল পাওয়া যায়।
ত্রিভুজের কোন কোণ ৩০° অথবা ১১০° ডিগ্রির নান হইলে স্মিক ফল পাওয়া
যায় না।



১২ চিত্র।

* এই ত্রিভুজকে ইংরাজীতে “well-conditioned” triangle বলে, অর্থাৎ যে ত্রিভুজ হইবে
তাহাকে “ill-conditioned” triangle বলে।

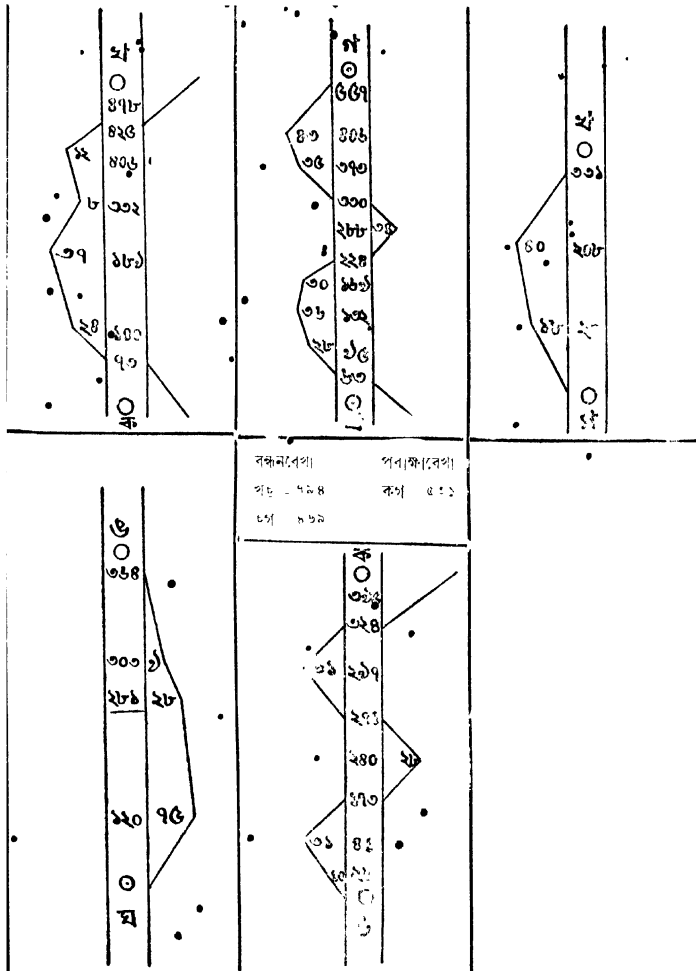
ত্রিভুজের সাহায্য লওয়ার একটি অন্য প্রকার উদাহরণ দেওয়া যাচ্ছে।
একটি গৃহের দেওয়াল শিকলের রেখার সহিত সূক্ষ্ম (acute) অথবা স্থূল (obtuse)
কোণে আছে। গৃহের নিভুল নকশা করিতে হইবে। ত্রয়োদশ চিত্রে শিকলের



১৫ নং চিত্র।

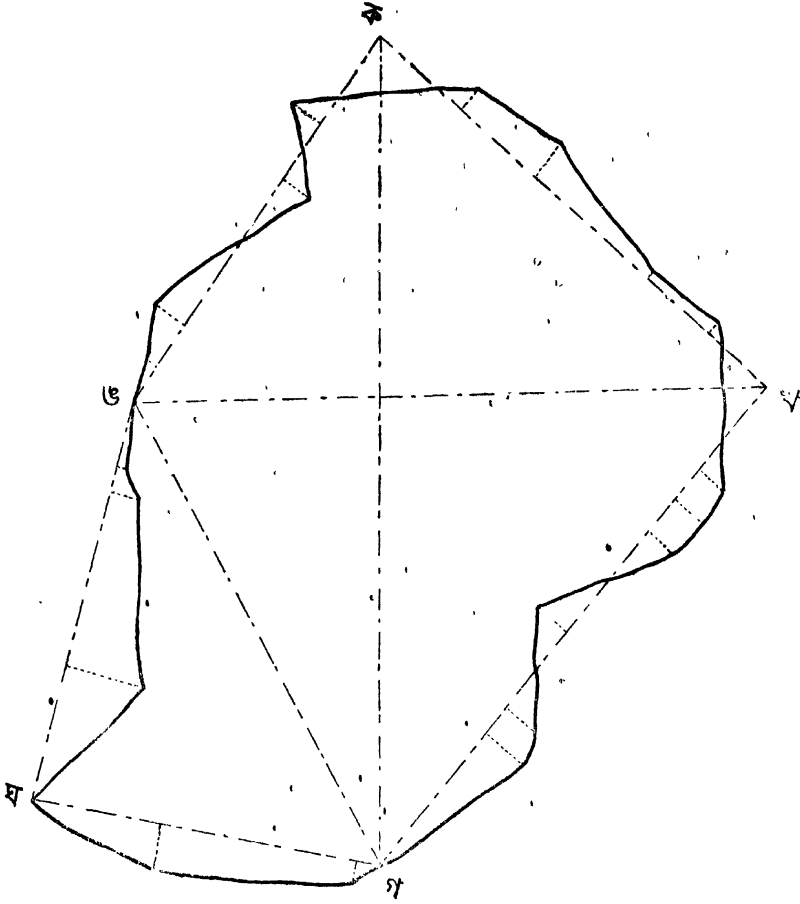
রেখার এমন স্থান হইতে অসমকোণে শাখাদূরত্ব (oblique offset) মাপা হইয়াছে
যে, লম্বের রেখা (oblique lines) দেওয়ালের সহিত এক ঝড় রেখায়
মিলিয়াছে।

ইহা হইতে বেশ বুঝিতে পারা যায়, খনির ভিতরে অধিকাংশ স্থলে কেবল
শিকল দ্বারা জরিপ করা সম্ভব নহে; কেন না কাঁথি (pillar) অথবা উপপ্রাচীর
(packings) থাকিতে অসমকোণে শাখাদূরত্ব এবং ত্রিভুজ করিয়া মাপ
লওয়া যায় না। কোন স্থানে ভিতরের অবস্থাগুলি বিস্তৃতভাবে নক্সায়
দেখাইতে হইলে (for filling in details) খনির ডায়াল (miner's dial)
নামক যন্ত্রযোগে শিকল দ্বারা জরিপ সময়ে সময়ে ব্যবহৃত হয়; এই
প্রসঙ্গ পরবর্ত্তী অধ্যায়ে আলোচিত হইবে। প্রত্যেক নতুন রেখা, উহা
যতই ক্ষুদ্র হউক না কেন, তাহার জন্য ক্ষেত্র-পুস্তকের নূতন পৃষ্ঠা আরম্ভ
করিবে। কারণ ইহাতে পুস্তক পরিষ্কার থাকে, অপিচ লেখ্য ঘনসন্নিবিষ্ট
হয় না, তা' ছাড়া অসাধনতাও নিবারিত হয়। চতুর্দশ চিত্রে শিকল



୧୫ ଟିଆ -- ଟିଆରେ ପାଖଦଳ ଟିଆ ଯେ କେ.ଏ. ଅଞ୍ଚଳ ଟିଆରେ ତାହାର ଜମିପେର କେ.ଏ. ପୁରୁଷ
 ଟିଆରେ ଏ ପ୍ରକାର ଦେଖାଯାଉଛି ।

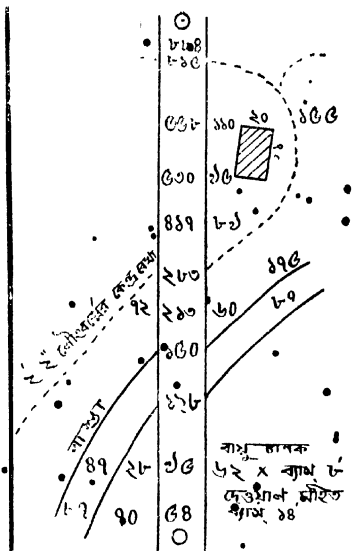
দ্বারা জরিপের (chain survey) ক্ষেত্র-পুস্তক হইতে পর পর কয়েক পৃ
এবং পঞ্চদশ চিত্রে উহার নক্সা প্রদর্শিত হইয়াছে। একটি ক্ষুদ্র কয়লাখনির



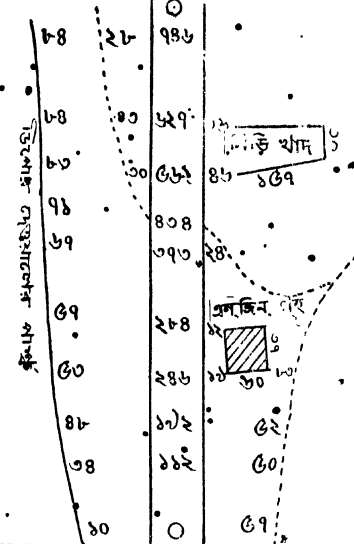
১৫ চিত্র—একটা ক্ষেত্রের শিকল দ্বারা জরিপ।

মান ১০০' ১"।

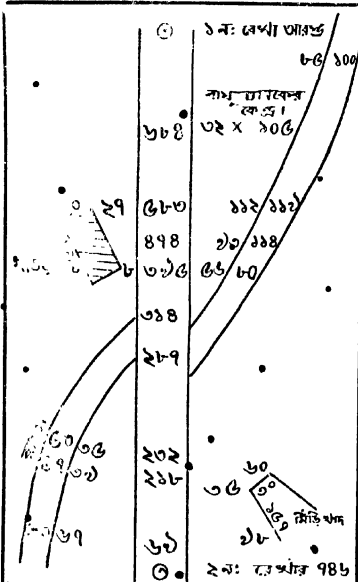
উপরিস্থ এবস্থি জরিপের বিস্তারিত উদাহরণ ষোড়শ চিত্রে এবং উহার নক্সা
সপ্তদশ চিত্রে দেখান হইল।



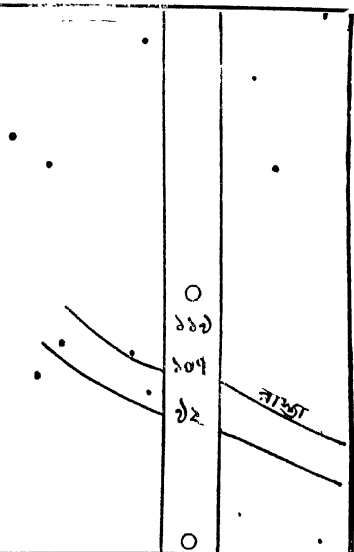
১০০০ ও ১০০১ নং রেখা।
১০০২ ও ১০০৩ নং রেখা।
১ নং রেখা।



১০০০ ও ১০০১ নং রেখা।
১০০২ ও ১০০৩ নং রেখা।
১ নং রেখা।

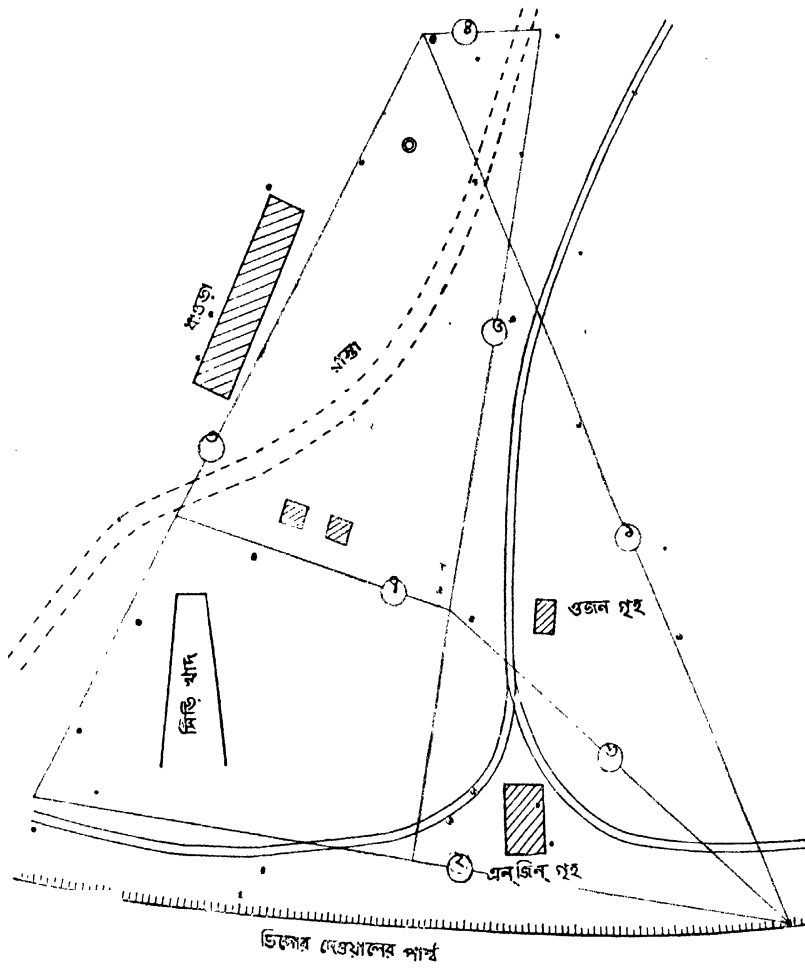


১০০০ ও ১০০১ নং রেখা।
১০০২ ও ১০০৩ নং রেখা।
১ নং রেখা।



১০০০ ও ১০০১ নং রেখা।
১০০২ ও ১০০৩ নং রেখা।
১ নং রেখা।

১০০০ ও ১০০১ নং রেখা।
১০০২ ও ১০০৩ নং রেখা।
১ নং রেখা।



১. চিত্র - একটা কয়লাখনিতে চূর্ণকৃত ভূমির স্কেল অংশে শিকল দাঁবা প্রদর্শন।
 মাস ১৫.১.১৮।

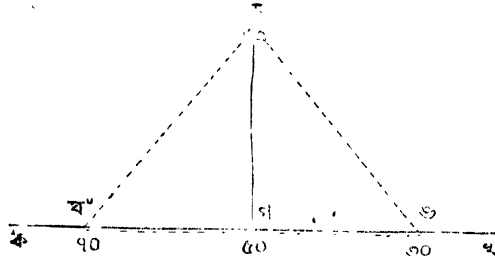
প্রথম অধ্যায়ের সম্পাদ্য ।

প্রথম সম্পাদ্য ।

শিকলের সাহায্যে সমকোণ করণ ।

কথ শিকলের রেখা ।

গ বিন্দুতে ঐ রেখার সমকোণে একটা রেখা পাত করিতে হইবে ।



১৮ চিত্র ।

কথতে শিকল একপে রাখ যেন ৫০ লিঙ্কের পদক গ এ থাকে ।

৩০ এবং ৭০ লিঙ্কের পদকদ্বয়কে শিকলের রেখায় সূয়ার সাহায্যে ঘ এবং ঙ বিন্দুতে আবদ্ধ কর ।

ঐ সূয়াদ্বয়কে কেন্দ্র করিয়া শিকলের প্রান্ত দুইটা যতক্ষণ না চ বিন্দুতে মিলিত হয়, ততক্ষণ ঘুরাইবে । একপ করিবার সময় শিকলের শেষ অংশদ্বয় ক সর্বদা প্রসারিত রাখিবে ।

এখন গচ রেখা কথ এর সহিত সমকোণ করিবে । কারণ চঘগ এবং চঙগ ত্রিভুজদ্বয়ের বাহুগুলি পরস্পর সমান ; এবং সমান বাহুর বিপরীত কোণও সমান হইবে । অতএব চঘগ কোণ চঙগ কোণের সমান । ফলে, ইহারা প্রত্যেকে সমকোণ ।

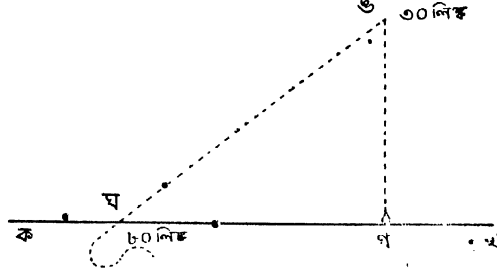
উপায়ান্তর ।

পূর্বমত মনে কর, কথ শিকলের রেখায় গ বিন্দুতে সমকোণে রেখা পাত করিতে হইবে ।

রেখায় ঘগ মাপ কর । উহা যেন ৪০ লিঙ্ক লম্বা হয় ।

শিকলের এক প্রান্ত গ এ এবং ৮০ লিঙ্কের পদকটা ঘ এ স্থাপিত কর ।

উনবিংশ চিত্রে প্রদর্শিতমত শিকল প্রসারিত কর, যেন ৩০ লিঙ্কের পদকট, ঘগঙ ত্রিভুজের চূড়া হয়।



১৯ চিত্র।

এখন গঙ কথ এর সহিত সমকোণে হইবে।

কারণ

$$\text{ঘগ} = ৪০$$

$$\text{গঙ} = ৩০$$

$$\text{ঘঙ} = ৫০$$

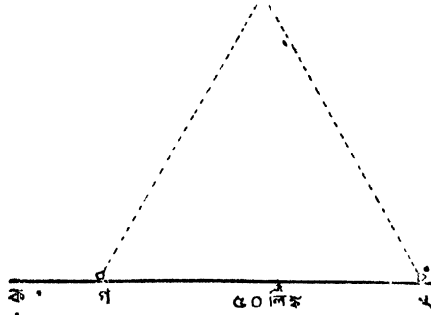
$$\text{এবং } ৪০^\circ + ৩০^\circ = ৫০^\circ$$

অতএব ঘগঙ সমকোণী ত্রিভুজ, এবং উহার গ কোণ সমকোণ।

দ্বিতীয় সম্পাদ্য।

শিকলের সাহায্যে ৬০° কোণ করিতে হইবে।

মনে কর, খ বিন্দুতে কথ রেখার সহিত একটা ৬০° কোণ করিতে হইবে।



২০ চিত্র।

খক রেখায় খগ ৫০ লিঙ্কের সমান করিয়া মাপ কর। শিকলের হাতলদ্বয় খ এবং গ বিন্দুতে রাখ, এবং উহাকে এভাবে ত্রিভুজাকারে প্রসারিত কর, যেন ৫০ লিঙ্কের পদক ত্রিভুজের চূড়ায় হয়।

তবে গখঘ সমবাহু ত্রিভুজ হইবে। কারণ প্রত্যেক বাহু ৫০ লিঙ্ক।
অতএব প্রত্যেক কোণ 60° ।

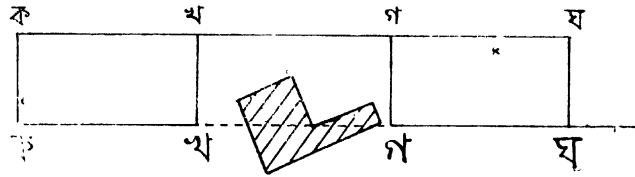
সুতরাং কখঘ কোণ 60° ।

তৃতীয় সম্পাদ্য।

একটি গৃহ শিকলের রেখায় পড়িয়াছে। উহাকে অতিক্রম করিয়া

রেখা চালাইতে হইবে।

মধ্যে মধ্যে এমন বাধা উপস্থিত হয় যন্নিমিত্ত রেখা মাপা কিম্বা ব্যাণ্ডি শ্রেণীবদ্ধ করা যায় না। এক্ষেত্রে মূল রেখার সমান্তরালে অথবা একটি রেখার সাহায্য লইতে হইবে। এই উপায় আয়তের (rectangle) বিপরীত বাহুর সমতা এবং সমান্তরালতার উপর নির্ভর করে। ইহা অবশিষ্টাংশিতম চিত্রের উদাহরণ হইতে বুঝা যাইবে।



৩২ চিত্র।

কখ শিকলের রেখা একটি গৃহের নিকট পর্য্যন্ত পৌছিয়াছে। রেখায় যথাস্থানে ক এবং খ বিন্দুদ্বয় লঙ্ঘিত। খক ও কখ সমকোণ কর। কক এবং খগ পরস্পর সমান করিয়া মাপ কর। কক অপেক্ষা কখ অনেক বড় হইবে, এবং কক কে বর্দ্ধিত করিলে রেখা যেন গৃহের বাহিরে থাকে। পরিষ্কার বুঝা যায়, কখ কখ এর সমান এবং সমান্তরাল।

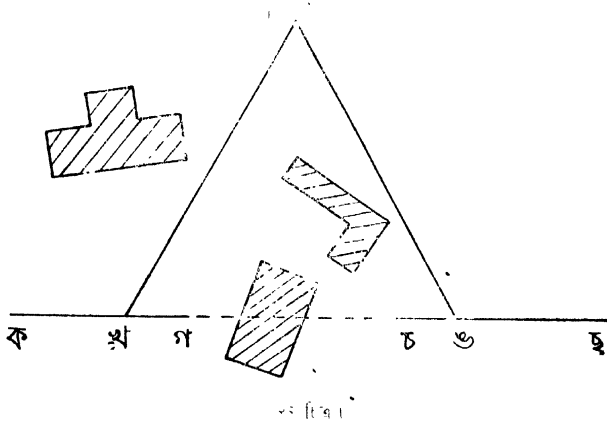
এখন কখ কে গ পর্য্যন্ত বর্দ্ধিত কর, যেন গগ এর সহিত গগ লম্বপাত করিলে গগ গৃহের বাহিরে থাকে। গগ আবশ্যিকমত দীর্ঘ করিয়া মাপ কর, এবং উহার সহিত গগ ও ঘঘ লম্বরেখা টান।

গগ এবং ঘঘ কে কক এর সমান কর। অতএব স্পষ্ট প্রতীয়মান হইতেছে, কখ বর্দ্ধিত করিলে উহা গঘ এর সহিত এক রেখায় হইবে।

আরও ষথ খগ এর সমান বলিয়া খ পথ্যস্ত রেখার দৈর্ঘ্যের সহিত ষথ এর দৈর্ঘ্য যোগ করিয়া পূর্ববৎ শিকল দ্বারা মাপ করা চলিতে পারে।

উপায়সূত্র।

জমির উপরিভাগের অবস্থানসাবে অথবা বাধাবশতঃ সময়ে সময়ে সমান্তরাল রেখার উপায়সী আয়াসসাদা হইয়া পড়ে। তখন হয়ত সমবাহু ত্রিভুজের পদ্ধতি কাজে লাগিতে পারে। উহা-এটরূপ। দ্বাবিংশতিতম চিত্র দেখ) :—



মনে কর, কখ একটা শিকলের রেখা। তাকে গ পথ্যস্ত বদ্ধিত কর ৬০° সমান করিয়া খঘ কোণ কর।

খঘ প্রয়োজনমত দীর্ঘ কর, এবং ঘ বিন্দুতে খঘও কোণ কর। উহা ৬০° সমান হইবে।

খঘ এর সমান করিয়া ঘগ মাপ কর।

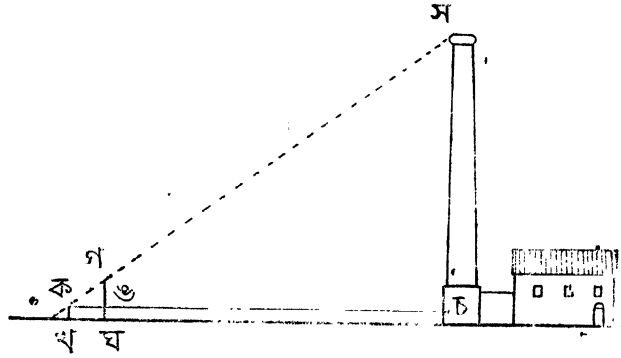
তবে খঘও সমবাহু ত্রিভুজ হইবে। অতএব খগ বদ্ধিত করিলে নিশ্চয় গ বিন্দু দিয়া গমন করিলে। গ হই ৬০° সমান করিয়া ঘগচ কোণ করিলে চ নিশ্চয়ই খগও রেখায় থাকিবে। সুতরাং গচ বদ্ধিত করিলে কখ এর সহিত এক রেখায় হইবে।

আরও খগ খঘ এর সমান বলিয়া উহার দৈর্ঘ্য জানা আছে।

অতএব খ পথ্যস্ত যে মাপ পাওয়া গিয়াছে তাহাতে খঘ এর পরিমাণ যোগ করিয়া গুহ দিকে পূর্ববৎ শিকল দ্বারা মাপিলে অভীষ্ট সিদ্ধ হইবে।

চতুর্থ সম্পাদা ।

১. বোণ না মাপিয়া চৌরস ভূমিতে একটা স্থস্ত অথবা চিম্নির উচ্চতা নির্ণয়
করিতে হইবে ।



২৩ চিত্র ।

মনে কর, স স্থস্ত অথবা চিম্নির চূড়া । জমি যদি চৌরস হয়, তবে কোণ না মাপিয়া চিম্নির উচ্চতা পরিমিত হইতে পারে । এই মাপ একবারে নিভুল হইবে না ।

যথাক্রমে ৩ ফুট এবং ৯ ফুট লম্বা দুইটা কথ এবং গর্ষ খুঁটা লগু ।

উদাদিগকে স্থস্তের সহিত এক রেখায় ভূমিতে অবলম্বনযন্ত্রে প্রোথিত কর, এবং দুই চার বার সরাসিয়া পরীক্ষা করিয়া উদাদিগকে এত দূরে রাখ যে, চক্ষুর সাহায্যে দেখিলে কণ রেখা বদ্ধিত হইয়া স্থস্তের চূড়াকে কব্জন করে ।

ক এর মধ্য দিয়া কণ রেখা ক্ষিতিজভাবে টান । উহা স ভেদ করিয়া অবলম্বনযন্ত্রে (plumb line) যে রেখা হইবে তাহার সহিত চ বিন্দুতে মিলিবে । চ বিন্দুর স্থান অন্তর্মান করিতে হইবে, বিশেষতঃ চিম্নিতে—কেন না উহার পার্শ্ব ঢালু এবং মস্তকে কাণিস আছে ।

কণ এবং কচ রেখা সাবধানে মাপ ।

সদৃশ ত্রিভুজ হইতে

$$\frac{\text{গণ}}{\text{কণ}} = \frac{\text{সচ}}{\text{কচ}} \quad \text{অতএব সচ} = \frac{\text{কচ} \times \text{গণ}}{\text{কণ}}$$

এখন চূড়ার উচ্চতা যদি শ হয়, এবং সমস্ত মাপ ফুটে লওয়া হয়, তবে

$$\text{শ} - ৩ = \frac{\text{৬ কচ}}{\text{কণ}} \quad (\text{কারণ সচ} = \text{শ} - ৩ ; \text{এবং গণ} = ৬)$$

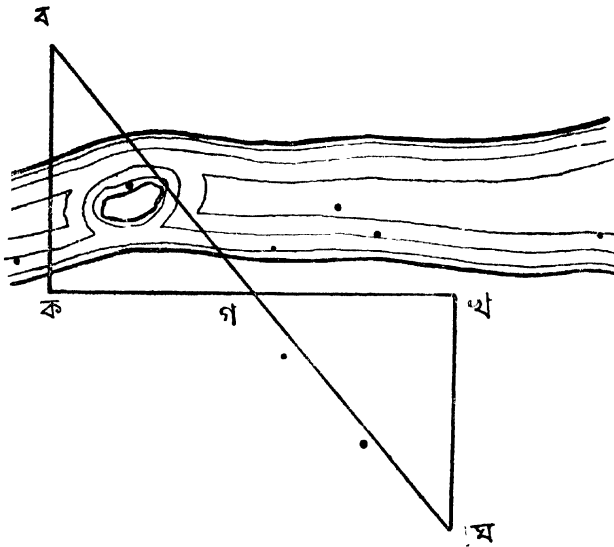
ইহা হইতে স্থস্তের উচ্চতা পাওয়া যাইবে ।

দৃষ্টান্তস্বলে—যদি মনে করা যায় যে, কঙ এবং কচ যথাক্রমে $৭\frac{১}{২}$ এবং ১০ ফুট।

$$\begin{aligned} \text{তবে } \underline{\text{শ}} - ৩ &= \frac{৬ \times ১১০}{১০} \text{ ফুট} \\ \underline{\text{শ}} &= ৩ + \frac{৬৬০ \times ২}{১৫} \text{ ফুট} \\ &= ৩ + ৮৮ \text{ ফুট} \\ &= ৯১ \text{ ফুট।} \end{aligned}$$

ଅବଶ୍ୟକ ସମ୍ପାଦନା ।

এক ঝিনু দেখা যাইতেছে কিন্তু উহা অনধিগম্য। উহার দূরত্ব মাপ
করিতে হইবে।



२४ चित्र ।

বলা বাহুল্য। শেষোক্ত সম্পাদকের আয় ইহাতেও চৌরস ভ্রাম কল্পনা করিতে হইবে। অন্যথা কোণ মাপক যন্ত্র আবশ্যিক।

চতুর্বিংশতিতম চিত্রে ব অগমা বিন্দু। এমন জায়গায় ক ও খ বিন্দুদ্বয় লগ্নে, বকখ সমকোণ হয়, এবং কখ রেখার দৈর্ঘ্য দুই শিকল হয়।

ক'খ কে গ-বিন্দুতে দুইটী সমভাগে বিভক্ত কর। চিত্র প্রদর্শিতমত গখঘ সমকোণ কর। ১ গঘ রেখাতে ঘ বিন্দু লও, যেন বগঘ এক ঋজু রেখায় হয়।

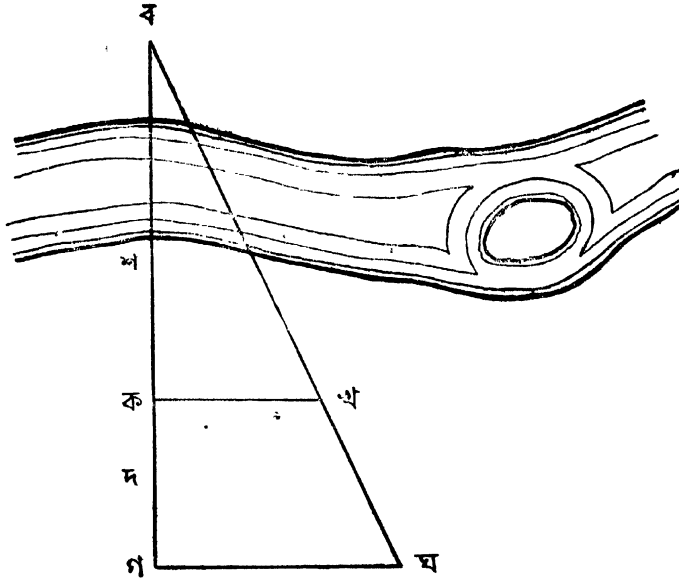
এখন বকগ এবং ঘখগ ত্রিভুজদ্বয়ে গ স্থিত কোণ দুইটী পরস্পর সমান ; ক ও খ স্থিত কোণদ্বয় প্রত্যেকে সমকোণ ; এবং কগ রেখা গখ এর সমান।

অতএব ত্রিভুজদ্বয় সর্ববিধয়ে (in all respects) সমান ; সুতরাং কব = খঘ।

কিন্তু আমরা খঘ মাপ করিতে পারি, অতএব কব জানিতে পারি।

উপায়ান্তর।

সুবিধামত স্থানে ক বিন্দু লও, এবং বকগ রেখাতে ঝাণ্ডি শ্রেণীবদ্ধ কর। কগ মাপ। উহাকে দ বলা যাইবে।



২৭ চিত্র।

মনে কর, কব শ এর সমান।

বকখ এবং বগঘ সমকোণ কর। খ এবং ঘ একত্রপা স্থানে লও যে, বখঘ এক ঋজু রেখায় হয়।

কথ এবং গঘ মাপ।

সদৃশ ত্রিভুজ হইতে,

$$\frac{\text{শ}}{\text{কথ}} = \frac{\text{শ} + \text{দ}}{\text{গঘ}}$$

$$\therefore \text{শ} \times \text{গঘ} = (\text{শ} + \text{দ}) \times \text{কথ}$$

$$\therefore \text{শ} (\text{গঘ} - \text{কথ}) = \text{দ} \times \text{কথ}$$

$$\therefore \text{শ} = \frac{\text{দ} \times \text{কথ}}{\text{গঘ} - \text{কথ}}$$

উদাহরণতঃ—মনে কর, মাপিয়া নিম্নলিখিত দৈর্ঘ্য পাওয়া গিয়াছেঃ—

$$\text{কগ} = ১০০ \text{ ফুট}$$

$$\text{কথ} = ১১০ \text{ ফুট}$$

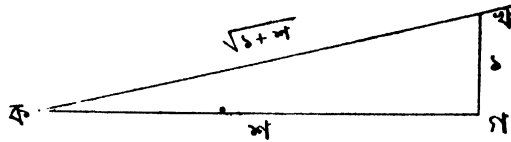
$$\text{গঘ} = ১৫০ \text{ ফুট}$$

$$\begin{aligned} \text{তবে শ} &= \frac{১০০ \times ১১০}{১৫০ - ১১০} \text{ ফুট} = \frac{১১০০}{৪} \text{ ফুট} \\ &= ২৭৫ \text{ ফুট।} \end{aligned}$$

যষ্ঠ সম্পাদ্য।

প্রবণ ভূমিতে ঢাল ধরিয়া মাপ লইতে হইলে শিকল প্রতি কত বাদ

দিতে হইবে নিরূপণ কর।



২৬ চিত্র।

ধর যে, ঢাল শ এ ১, এবং ষড়বিংশতিতম চিত্রে কথ একটি প্রবণ ভূমি।

$$\text{তবে খগ} = ১, \text{ কগ} = \text{শ}$$

$$\therefore \text{কথ} = \sqrt{১ + \text{শ}^২}$$

$$\therefore \text{প্রতি } \sqrt{১ + \text{শ}^২} \text{ মাপে } \sqrt{১ + \text{শ}^২} - \text{শ} \text{ বাদ দিতে হইবে।}$$

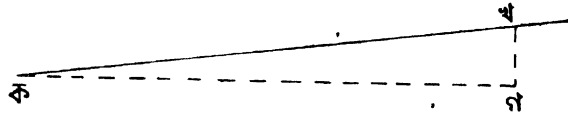
$$\therefore \text{প্রতি } ১০০ \text{ লিঙ্গে } ১০০ \left(\frac{\sqrt{১ + \text{শ}^২} - \text{শ}}{\sqrt{১ + \text{শ}^২}} \right) \text{ বাদ দিতে হইবে।}$$

দৃষ্টান্তস্থলে—৪ এ ১ টালে শিকল প্রতি কত বিয়োগ করিতে হইবে স্থির করা।

$$\begin{aligned}\text{বাদ} &= \frac{১০০(\sqrt{১৭}-৪)}{\sqrt{১৭}} \text{ ফুট} \\ &= \frac{১০০ \times ১২.৩}{৪.১২৩} \text{ ফুট} \\ &= \frac{১২.৩}{৪.১২৩} \text{ ফুট} \\ &= ২.৯৮ \text{ ফুট।}\end{aligned}$$

সপ্তম সম্পাগ।

জনৈক জরিপকারী দুই বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্বমাপ করিতে ইচ্ছা করেন।
ক্ষতিজতলে মাপ লইলে বিন্দুদ্বয় ৬৭৫ ফুট অন্তরে আছে। তিনি
অনবধানতা বশতঃ ঢালে মাপিয়াছেন। ভূমির প্রবণতা ৯ এ ১। মাপে
তাহার কত ভুল হইবে? :



২৭ চিত্র।

সপ্তাংশাতিতম চিত্রে ক এবং খ দুইটা বিন্দু এবং কগ ক্ষতিজতলের সহিত
সমান্তরালে ও খগ অবলম্বনস্থিত্রে টানা হইয়াছে ; তবে কগ ৬৭৫ ফুট, এবং খগ
৭৫ ফুট। কারণ কখ এর প্রবণতা ৯ এ ১।

কখগ সমকোণী ত্রিভুজ বলিয়া

$$\begin{aligned}\text{কখ}^2 &= \text{কগ}^2 + \text{খগ}^2 \\ &= ৪৫৫৬২৫ \text{ ফুট}^2 + ৫৬২৫ \text{ ফুট}^2 \\ &= ৪৬১২৫০ \text{ ফুট}^2\end{aligned}$$

$$\text{অতএব কখ} = ৬৭৯.১ \text{ ফুট।}$$

সুতরাং জরিপকারীর ৪ ফুট ভুল হইয়াছে।

উপায়ান্তর।

১০ পৃষ্ঠায় তালিকাতে আমরা দেখিতে পাই, ৮'১ এ ১ ঢালে শিকল প্রতি ০'৭৪ ফুট এবং ৯'৫ এ ১ ঢালে শিকল প্রতি ০'৫৫ ফুট বাদ দিতে হইবে। মোটামুটি ৯ এ ১ ঢালে আমরা শিকল প্রতি ০'৬১ ফুট বাদ দিতে হইবে মনিয়া লইতে পারি।

অতএব ৬৭৯ ফুটে

৬৭৯ × ০'৬১ ফুট বাদ দিতে হইবে,

অথবা ৪'১ ফুট ভুল হইবে।

প্রথম অধ্যায়ের প্রশ্নমালা ।

১। শিকল দ্বারা কিরূপে ভূপৃষ্ঠে এবং খনির ভিতরে দূরত্ব মাপ করিতে হইবে বর্ণনা কর ।

২। একটা রেখার ঢাল ধরিয়া মাপ ৪৯৭ ফুট। উহার ক্ষিতিজতলে তুল্যমান নিরূপণ কর, যখন প্রবণতা (ক) ৩° এ ১, এবং (খ) ২৫°।

উত্তর :— (ক) ৪৮২'৬, (খ) ৪৫০'৩।

৩। একটা রেখার ঢাল ধরিয়া মাপ ৫৪০ ফুট। ঢাল ১৪°। গারে দেখা হইয়াছিল, শিকল ১০১'২ ফুট দীর্ঘ। ঠিক মাপের ক্ষিতিজতলে তুল্যমান নিরূপণ কর।

উত্তর :— ৫৩০ ফুট।

৪। দুইটা বিন্দু দেখা যাইতেছে, কিন্তু উহারা অগম্য। উহাদের ব্যবধান নির্ণয় করিবার উপায় বিবৃত কর।

৫। কথগ হ্রিভুজের বাহু নিচয়ের মাপ, কথ ১৯৭, খগ ২০৫, এবং গক ৩১৫ ফুট। খগ রেখাতে ঘ বিন্দু লইলে খঘ=১০০ ফুট, এবং ঘগ=১০৫ ফুট। কঘ রেখার পরিমাণ কত ?

উত্তর :— ১৪০ ফুট।

৬। খ হইতে গ বিন্দুতে কিম্বা গ হইতে খ তে যাওয়া যায় না। ক বিন্দু হইতে কথ রেখা ৭৬৫ ফুট, এবং থকগ কোণ ৬৯° মাপ করা হইয়াছে। আরও থগক কোণ সমকোণ। থগ এর দৈর্ঘ্য কত ?

উত্তর :— ৭১৪'২ ফুট।

৭। ১০০ গজ অন্তরে দুইটা ক ও খ চানক (shaft) খনন করা হইয়াছে। ব ৪৫০ ফুট এবং খ ৫৪০ ফুট গভীর। ভূপৃষ্ঠে খ অপেক্ষা ক ২০ ফুট উচ্রে আছে। খ এর তলদেশ হইতে ক এর দিকে ৩° এ ১ ঢালে একটা চড়াই রঞ্জ (rise drift) চালান হইয়াছে। রঞ্জটা কি ক কে ভেদ করিবে ? অন্যথা উহা কত লক্ষ্যভ্রষ্ট হইবে ?

উত্তর :— না। রঞ্জের উচ্চতা বাদে উহা ১০ ফুট লক্ষ্যভ্রষ্ট হইবে।

৮। একটা স্তরের ঢাল ১০° এ ১। উপরেব দিকে যাইতে যাইতে উহা একটা অধঃক্ষিপ্ত স্থানচ্যুতিতে (downthrow fault) পৌছিয়াছে। চ্যুতির ক্ষেপ (throw) ২৫ ফুট। পরে একটা নত রঞ্জ (dip drift) চালান হইয়াছে ; উহার প্রবণতা ৮° এ ১। পুনরায় স্তরে পৌছান পর্যন্ত রঞ্জ কত লম্বা হইবে ?

উত্তর :— ১১২ ফুট।

দ্বিতীয় অধ্যায় ।

ক্ষেত্রপরিমাপ (measurement of areas) ।

• • জরিপকার্যে নিপুণতা লাভার্থী ছাত্রমাত্রেরই জ্যামিতির সাধারণ জ্ঞান থাকা অত্যাৱশ্যক । পরিমিতি (mensuration) ও ব্যবহারিক জ্যামিতি (practical geometry) সামান্য জানা থাকিলে সহজে কার্যে পারদর্শী হওয়া যায় । আরও ক্ষেত্রপরিমাপ, ঘনফল (volume) তল (surface) এবং দূরত্ব বিষয়ের প্রতিপাদ্য (problems) ও উপপাদ্য সমূহ (theorems) শিক্ষা করিলে ছাত্রাঙ্গের সুবিধা হয় । জরিপের পুস্তকে জ্যামিতি ও পরিমিতি সম্পূর্ণ শিক্ষা দেওয়া অপ্রাসঙ্গিক কিন্তু ব্যবহারিক জ্যামিতির অবশ্যজ্ঞাতব্য তত্ত্বগুলি অবগত হওয়া যুক্তিসংগত ।

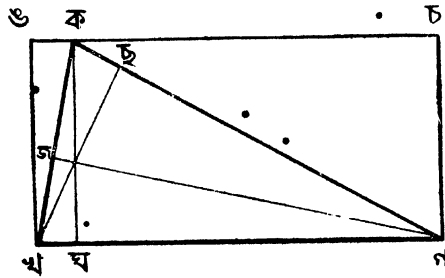
যেমন শিকল দ্বারা জরিপ এবং মানদণ্ডের সাহায্য নক্সা করিতে ত্রিভুজের •

ত্রিভুজের সাহায্য ।

সাহায্য লওয়া হয়, তেমনই ক্ষেত্র মাপ কালেও উহার

সাহায্য লওয়ার আবশ্যক হয় । ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল

অথবা কালি (area) উহার ভূমি ও উন্নতি (height) দ্বারা যে আয়ত হয় তাহার কালির অর্দ্ধেক । যথা, অষ্টবিংশতিতম চিত্রে, কখগ ত্রিভুজের ক্ষেত্র-



২৮ চিত্র ।

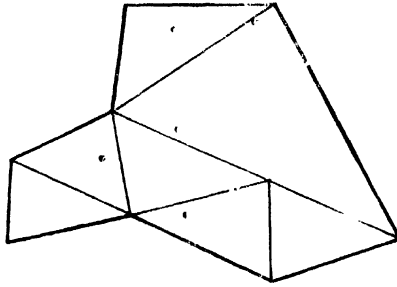
ফল খগচগ আয়তের ক্ষেত্রফলের অর্দ্ধেক । • অতএব ক্ষেত্রফল = $\frac{1}{2}$ খগ \times কঘ ।
যে কোন বাহুকে ভূমি ধরা যাইতে পারে, তথাপি ক্ষেত্রফল বিভিন্ন হইবে না, এবং কখগ ত্রিভুজের কালি, যদি আবশ্যক হয়, তবে সুবিধামত $\frac{1}{2}$ কগ \times খহ কিম্বা $\frac{1}{2}$ কখ \times গজ লেখা যাইতে পারে । অতএব ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করিতে হইলে কেবল দুইটি মাপের আবশ্যক, একটি বাহু, অন্যটি অভিমুখীন কোণ হইতে ঐ বাহুর উপর লম্বরেখা ।

যদি কোনও ত্রিভুজের বাহুত্রয়ের পরিমাণ জানা থাকে, তবে উল্লেখ্য কোণে অঙ্কিত করিয়া একটি কোণ হইতে সম্মুখীন বাহুর উপর লম্বপাত করিবে । ঐ

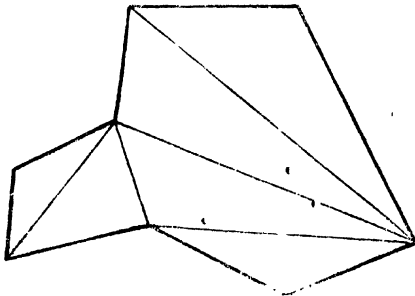
লম্বরেখা মাপ করিয়া, ক্ষেত্রফল = $\frac{1}{2}$ ভূমি \times উন্নতি এই সূত্রানুসারে ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল নির্ণীত হইবে। $\text{ক্ষেত্রফল} = \frac{1}{2} \sqrt{s(s-k)(s-x)(s-g)}$ এই সূত্রের সাহায্যেও একেবারে ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল বাহির করা যায়। এখানে ক, খ, গ, বাজুর দৈর্ঘ্য, এবং $s = \frac{k+x+g}{2}$ । 'লগারিথিম্ (logarithm)' পুস্তক নিকটে থাকিলে লগ (log) সূত্রমতে আরও শীঘ্র ক্ষেত্রফল গণনা করা যায়। লগ সূত্রটি এই : —

$$\text{লগ ক্ষেত্রফল (log area)} = \frac{1}{2} \{ \text{লগ } s + \text{লগ } (s-k) + \text{লগ } (s-x) + \text{লগ } (s-g) \}।$$

বহুভুজের যতগুলি ভুজই থাকুক না কেন, উক্ত সূত্র দ্বারা সহজই



২০ ক চিত্র—বহুভুজ ত্রিভুজে বিভক্ত হইয়াছে।



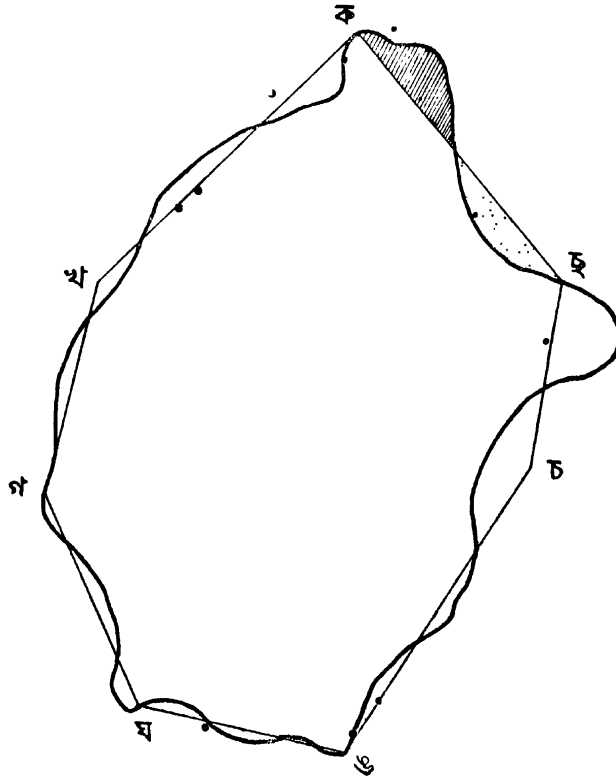
২১ খ চিত্র—বহুভুজ ত্রিভুজে বিভক্ত হইয়াছে।

ক্ষেত্রফল নিরূপিত হইবে। কারণ বহুভুজকে কতকগুলি ত্রিভুজে বিভক্ত করিয়া প্রত্যেকের ক্ষেত্রফল গণনা পূর্বক সমষ্টি করিলেই নির্ণেয় ক্ষেত্রফল পাওয়া যাইবে। বিভাগ করা ক্ষেত্রেও (in the field) হইতে পারে; কিন্তু বহু ভুজটি কাগজে মানানুসারে নক্সা করিয়া উহাকে উপযুক্ত ত্রিভুজ সমুদয়ে পরিণত করা আরও সুবিধা জনক। ২০ ম ক ও খ চিত্রে ঐরূপ একটি ক্ষেত্রকে মানানুসারে নক্সা করিয়া দুইটি পৃথক উপায়ে ত্রিভুজে বিভক্ত করা হইয়াছে। ত্রিভুজগুলি সর্বদা প্রাধ সমবাহু (well-conditioned) হইলেই

সূক্ষ্ম ফল পাওয়া যাইবে। সুতরাং তুলনায় ক চিত্রের উপায়টি শ্রেষ্ঠতর।

ক্ষেত্র সর্বদা সরল রেখা দ্বারা সীমাবদ্ধ থাকে না। সাধারণতঃ উহার বক্ররেখা পরিবেষ্টিত; সেইহেতু উহাদের ক্ষেত্রফল নির্ণয় পদ্ধতিও জটিল হইয়া পড়ে। এবস্থিধ বিকল (irregular) ক্ষেত্রে মূল বক্র সীমারেখার পরিবর্তে

তুল্য (equivalent) সরল রেখা টানিলে ক্ষেত্রটিকে অক্রেতে বিভক্ত করা যাইতে পারে। এই কাজ মানানুসারে অঙ্কিত মঞ্জায় অফিসে করা উচিত, ক্ষেত্রে করা প্রায় অসম্ভব। ৩০ম চিত্রে ঈদশ বিকল ক্ষেত্রের নক্সা দেওয়া হইল; উহাতে মূল বক্র সীমারেখার পরিবর্তে তুলা সরল রেখা টানা হইয়াছে। আরও দেখা যায়, প্রত্যেক সরল রেখাগুলির উভয় পার্শ্বে, উহাদের

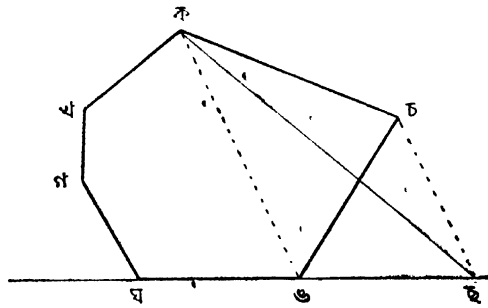


৩০ চিত্র।

এবং বক্র সীমারেখার মধ্যে, সমফল (equal in area) ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ক্ষেত্র আবদ্ধ রহিয়াছে। যথা, কছ সরল রেখার পূর্বোত্তরে মলিন (shaded) অংশ দক্ষিণ-পশ্চিমে বিন্দুচিহ্নিত (dotted) অংশের সমান। অর্থাৎ, কছ বক্র রেখার পরিবর্তে যদি কছ সরল রেখাকে প্রকৃত সীমা বলিয়া ধরা হয় তাহা হইলে ক্ষেত্রফলে প্রভেদ ঘটিবে না। ক্ষুদ্র ক্ষেত্রগুলির কালির সমতা কেবল চক্ষুর

সাহায্যে, অনুমিত হয়, অতএব ব্যাঙিগত ভুল হইতে পারে; কিন্তু অভ্যাসসহ ভুল কম হইবে। অপিচ, ভুল কখন অনুকূলে কখনও প্রতিকূলে হইবে। স্মরণ উহা উপেক্ষা করা যাইতে পারে। অতএব ঊচ এবং কছ সরল, রেখাদ্বয় এ প্রকারে টানা হইয়াছে যে, উহাদের ও বক্র সীমারেখা দ্বারা যে চারিটি ক্ষুদ্র ক্ষেত্র আবদ্ধ হইয়াছে তাহাদের মধ্যে দুই দুইটির ক্ষেত্রফল পরস্পর সমান ও, বিপরীত (equal and opposite)। এইভাবে অগ্রসর হইলে ক্ষেত্রটিকে সহজে সমকল বহুভুজে পরিণত করা যাইবে, এবং পূর্ববর্ণিত উপায়ে ত্রিভুজে বিভক্ত করিয়া উহার ক্ষেত্রফলও নির্ণীত হইবে। ছাত্রদিগের বিকল ক্ষেত্র লইয়া উহার সমকল বহুভুজ অঙ্কিত করিতে সুযোগমত চেষ্টা করা উচিত। এরূপ করিলে যে সকল ক্ষেত্রের ফল বাহির করা প্রথম অসম্ভব মনে হইবে, ছাত্রেরা তাহাদিগকে সামান্য কৌশল করিয়া অপেক্ষাকৃত সরল ক্ষেত্রে পরিবর্তিত করিতে পারিবে; এবং ক্ষেত্রফলেও অতি অল্প ভুল হইবে।

একটি বহুভুজ 'কিছা' পূর্বোক্ত উপায়ে বহুভুজে পরিণত একটি ক্ষেত্র
 দেওয়া থাকিলে উহাকে অপেক্ষাকৃত সহজাকৃতি ক্ষেত্রে
 ভাঙা (equivalent)
 দ্বিভুজ।
 পরিবর্তিত করা যায়, এবং ক্ষেত্রফল গণনাও অনায়াসসাধ্য
 হয়। সুবিধা হইলে 'উহাকে' ত্রিভুজে পরিণত করা
 যাইতে পারে।



୩୧ ଚିତ୍ର ।

কথগঘঙচ (৩ম চিত্র) একটী বহুভুজ ।
 ঘঙ রেখাকে ছ পর্যন্ত বদ্ধিত কর ।
 কঙ যোগ কর, এবং উহার সমান্তরে চই সরল বেখা টান ।
 কছঙ এবং কচঙ ত্রিভুজদ্বয় একই ভূমির উপর এবং একই সমান্তর
 সরল রেখাদ্বয়ের মধ্যে অবস্থিত ।
 অতএব উহাদের ক্ষেত্রফল সমান ।

সুতরাং কথগঘঙচ বহুভূজের ক্ষেত্রফল কথগঘছ বহুভূজের ক্ষেত্রফলের সমান।

অন্যথাক্ষেত্রটি বহুভূজ হইতে সমকল পঞ্চভূজে পরিবর্তিত হইয়াছে।

এইরূপে ক্রমান্বয়ে পঞ্চভূজকে চতুর্ভূজে এবং চতুর্ভূজকে ত্রিভূজে পরি-
বর্তিত করা যাইতে পারে।

তুভ্যস্ত হইলে এই কার্য ক্রত করা যাইবে, তদ্বারা সময়ও অনেক কম
লাগিবে।

ব্রিটেন দ্বীপপুঞ্জে একর ক্ষেত্রফল নির্দেশক একক। ৬৪০ একরে
এক বর্গমাইল। একর রুড (rood) ৩০ পোলে
ক্ষেত্রফলের একক। (পোল) বিভক্ত, এবং পোলও বর্গগজ ও বর্গফুটে
পুনর্বিভক্ত। নিম্নলিখিত তালিকায় বিভাগ করিবার প্রণালী বিশদরূপে দেখান
হইল :—

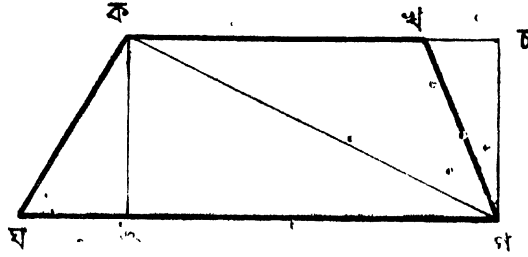
বর্গমাইল	...	১				
একর	...	৬৪০	১			
রুড	...	১৬০	৪	১		
পোল	...	৪০	১৬	৪	১	
বর্গগজ	...	১০৮০	৪৮৪	১৬১	৩০২৫	১
বর্গফুট	...	১০৮০০	৪৮৪০০	১৬১০০	৩০২৫০০	১

গার্ভারের শিকল ৬৬ ফুট লম্বা। একরে ক্ষেত্রফল রাখিতে হইলে উহার
ব্যবহার সুবিধাজনক। কারণ এক বর্গশিকল ঠিক ৪৮৪ বর্গগজ, এবং এক
একরের এক-দশমাংশ।

ভারতবর্ষে বিঘা ক্ষেত্রফল নির্দেশক একক। দুইথের বিঘয় এই এককের
পরিমাণ প্রদেশানুসারে বিভিন্ন। বাঙলা, বিহার এবং উড়িষ্যার কয়লাভূমিতে
(coal fields) বিঘা, কাঠা ও ছটাক একক। (বালি) প্রচলিত। নিম্নে উহাদের
তালিকা দেওয়া হইল :—

বিঘা	...	১				
কাঠা	...	২০	১			
ছটাক	...	৪০০	২০	১		
বর্গগজ	...	১৬০০	৮০	৪	১	

যে চতুর্ভুজের কোনও সম্মুখীন দুই বাহু সমান্তর তাহাকে সমান্তরদ্বাহু চতুর্ভুজ অথবা ঈরাঙ্গীতে ট্রাপিজিয়ম বলে। ৩ম চিত্রে ট্রাপিজিয়মের সাহায্য লওয়া।
কথ এবং ঘগ সমান্তর। সুতরাং কথগঘ ট্রাপিজিয়ম।



৩০ চিত্র।

উহা কঘগ এবং গকথ ত্রিভুজদ্বয়ে বিভক্ত হইয়াছে। কঘগ এর ক্ষেত্রফল = $\frac{1}{2}$ ঘগ \times কঙ, এবং গকথ এর ক্ষেত্রফল = $\frac{1}{2}$ কথ \times গচ। অতএব ট্রাপিজিয়মের ক্ষেত্রফল

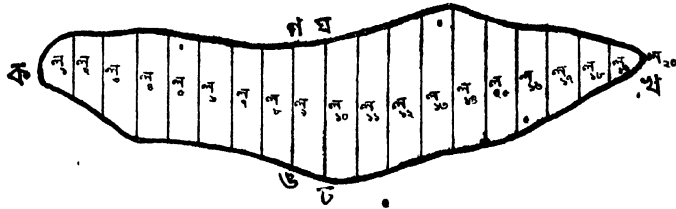
$$= \text{কঙ} \times \frac{\text{ঘগ}}{2} + \text{গচ} \times \frac{\text{কথ}}{2}$$

কিন্তু কঙ = গচ। কারণ উহারা কথ এবং ঘগ সমান্তর রেখার মধ্যগত লম্ব।

যদি এই লম্বের পরিমাণকে দ বলা হয়, তাহা হইলে ট্রাপিজিয়মের ক্ষেত্রফল

$$\frac{\text{কথ} + \text{ঘগ}}{2} \times \text{দ।}$$

পরিমেয় ক্ষেত্রটি যদি সঙ্কীর্ণ এবং দীর্ঘাকৃতি হয়, তবে উহাকে প্রান্তে (transversely) সমবাবধান সমান্তরাল রেখা দ্বারা কতকগুলি খণ্ডে বিভক্ত



৩১ চিত্র।

করা হইবে। ফলে, প্রত্যেক খণ্ড প্রায় একটি ট্রাপিজিয়ম হইবে। ৩৩ম চিত্রে এবিধি একটি ক্ষেত্র প্রদর্শিত হইল। ক্ষেত্রের সমগ্র দৈর্ঘ্যটি সমবাবধান

সমান্তরাল রেখা দ্বারা অনেকগুলি খণ্ডে বিভক্ত হইয়াছে। উক্ত সাধারণ সম্ভাবধান (common distance) পরিমেয় ক্ষেত্রের গঠন ও ভ্রায়তনোপযোগী হওয়া উচিত। উক্ত সুবিধামত ১০ লিঙ্ক, ৫০ লিঙ্ক কিম্বা ১০০ লিঙ্কও হইতে পারেন চিত্রে সম্ভাবধান রেখা দ্বারা ক্ষেত্রটি বহু খণ্ডে বিভক্ত; প্রত্যেক খণ্ড প্রায় ট্রাপিজিয়াম, যেমন গণ্যও। যদি সমান্তরাল রেখা সমুদয়ের সাধারণ বাবধানকে d বলা হয়, তবে ট্রাপিজিয়ামের ক্ষেত্রফল

$$d \times \frac{l_1}{2} + \frac{l_2}{2} \text{ হইবে।}$$

চিত্রে সমগ্র ক্ষেত্রটিকে ১০ টি সমান্তরাল রেখা দ্বারা ১১ টুকরায় বিভক্ত করা হইয়াছে। অতএব উহার ক্ষেত্রফল এইরূপ হইবে :—

$$\begin{aligned} & \frac{l_1}{2} \times d + \frac{l_2}{2} \times d + \dots + \frac{l_{10}}{2} \times d \\ &= \frac{l_1}{2} \times d + \frac{l_2}{2} \times d + \dots + \frac{l_{10}}{2} \times d \\ &= d \left\{ \frac{l_1}{2} + \frac{l_2}{2} + \dots + \frac{l_{10}}{2} \right\} \end{aligned}$$

বর্গক্ষেত্রযুক্ত কাগজের সাহায্যে ক্ষেত্রফল নির্ণয় পদ্ধতি সুখবোধ।

বর্গক্ষেত্রযুক্ত কাগজ
(squared paper)

ফলনির্ণয়ে ক্ষেত্রটি কাগজে আঁক, এবং উহাতে রেখা

টানিয়া এক ইঞ্চি বর্গক্ষেত্রে বিভক্ত কর। এক ইঞ্চি

বর্গক্ষেত্রগুলিকে সূক্ষ্ম রেখা দ্বারা ইঞ্চি কিম্বা $\frac{1}{2}$

ইঞ্চি ক্ষুদ্রতর বর্গক্ষেত্রে পুনর্বিভক্ত কর। এখন বর্গক্ষেত্র সমূহ গণনা করিয়া

সম্পত্তির ক্ষেত্রফল নিরূপণ করা যাইবে। এই প্রণালী অবলম্বিত হইলে নকল

করিবার মোম কাপড়ে বা কাগজে (tracing cloth or paper) সাবধানে

রেখা টানিয়া সঠিক বর্গক্ষেত্র আঁকিত করিবে, এবং কাগজটি ফলনির্ণয়ে ক্ষেত্রের

উপর স্থাপন করিবে। যদিও এই উপায় অত্যন্ত সহজ, কিন্তু ক্রিয়ৎপরিমাণ

কষ্টদায়ক, এবং সত্যিকারী থাকিলে সূক্ষ্ম ফল পাওয়া যায়। গণনা করিবার সময়

যাহাতে একটাও বর্গক্ষেত্র বাদ না পড়ে, সে বিষয়ে লক্ষ্য রাখা আবশ্যিক। যে

বর্গক্ষেত্রের উপর দিয়া সীমারেখা একেবারেই যায় নাই সেই সম্পূর্ণ এক ইঞ্চি

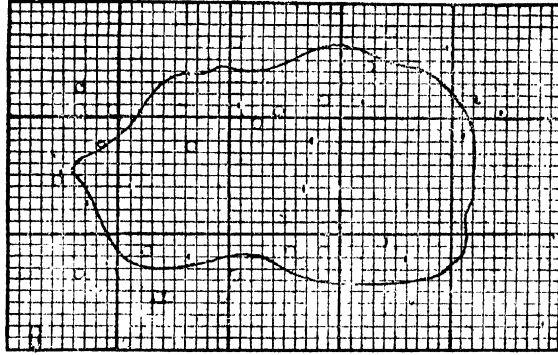
বর্গক্ষেত্র সমুদয় প্রথমে গণনা করিবে। তৎপরে যে বর্গক্ষেত্রগুলি সীমারেখা

দ্বারা কব্জিত হইয়াছে তাহাদের মধ্যস্থিত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বর্গক্ষেত্র সমূহ গণনা করিবে।

এমন কি যদি কোনও ক্ষুদ্র বর্গক্ষেত্রের শতমাংশও কব্জিত হয়, তাহা হইলে

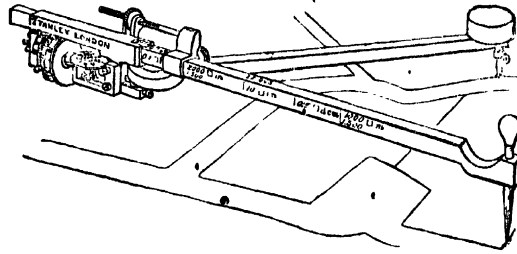
উহাকে সম্পূর্ণ বর্গক্ষেত্রের সহিত গণনা করিবে না। অতএব এখন যে ক্ষুদ্র

বর্গক্ষেত্র সকলের উপর দিয়া সীমায়ৈখা গিয়াছে কেবল সেইগুলিই অবশিষ্ট রহিল। চিত্রে দেখিতে পাওয়া যাইবে, কতকগুলি বর্গক্ষেত্রের বহুভাংশ, কতকগুলির অল্পাংশ এবং বাকীর অর্দ্ধাংশ কণ্ঠিত হইয়াছে। ৩৪ম চিত্র দেখ। অতএব সীমা-রেখা দ্বারা প্রত্যেক বর্গক্ষেত্রের গড়ে আর্দ্রক কণ্ঠিত হইয়াছে স্বীকার করিয়া লইলে



৩৪ চিত্র।

কালি অনেকটা স্ফূর্ণ হইবে। এখন কেবল যে বর্গক্ষেত্র সমুদয়ের উপর দিয়া সীমা-রেখা গিয়াছে সেইগুলি গণনা পূর্বক ছুই দিয়া ভাগ করিয়া সম্পূর্ণ বর্গক্ষেত্রের সংখ্যা পাওয়া, এবং ঐ সংখ্যা পূর্বগণিত সংখ্যার সহিত সমষ্টি করা; তাহা হইলেই সমস্ত ক্ষেত্রটির কালি পাওয়া যাইবে।



৩৫ চিত্র—বর্গমান যন্ত্র।

বর্গমানযন্ত্র আম্সলার (Amsler) উদ্ভাবন করিয়াছেন। উহাতে ক্ষেত্রফল আপনা হইতেই নিরূপিত হয়। উহার বাহুদ্বয় কজা দ্বারা সংযুক্ত; একটীতে রেখা অনুসরণ করিবার একটা তীক্ষ্ণগ্রন্থ অনুসরণ শলাকা (tracing point), এবং অন্যটীতে তীক্ষ্ণগ্রন্থ আলস্থ (fulcrum) আছে। আলস্থের চতুর্দিকে সমস্ত যন্ত্রটি

বর্গমানযন্ত্র
(planimeter)।

ঘুরিতে পারে। যাহাতে আলম্ব সরিয়া না যায় তজ্জন্য উহার উপর একটা ভার চাপান হয়। প্রথম বাহুটির দৈর্ঘ্য পরিবর্তনশীল। তন্নিমিত্ত যন্ত্র বিভিন্ন মানে ব্যবহারোপযোগী। মান জাপক চিহ্ন (index mark) ও সূক্ষ্ম গতিদায়ক (fine adjusting) ক্রুস্বাহায্যে এই বাহুকে যে মানে আবশ্যক তাহাতে বাঁধা হয়। যন্ত্রে ভার্ণিয়ার (vernier) যুক্ত একটা চাকা আছে। উহার সম্পূর্ণ বা আংশিক আবর্তন শলাকানুসৃতরেখা দ্বারা আবদ্ধ ক্ষেত্রের ফলনির্দেশ করে। জাপক চিহ্ন যে মানে বাঁধা হইয়াছে ক্ষেত্রফল তদনুযায়ী হইবে। যন্ত্রে একটা ঘটিকাপৃষ্ঠ (dial) আছে। উহা দ্বারা চাকার সম্পূর্ণ আবর্তন জানা যায়।

যন্ত্র ব্যবহার করিতে হইলে কে মানানুসারে নক্সা করা হইয়াছে তদনুযায়ী জাপক চিহ্ন বাঁধিয়া আলম্বটা ক্ষেত্রের বাহিরে যথাস্থানে রাখিবে। অনুসরণ শলাকা সীমারেখায় একস্থানে স্থাপন করিয়া যন্ত্রের পাঠ (reading) লিখিয়া লইবে, কিম্বা চাকা ও ঘটিকাপৃষ্ঠ ঘুরাইয়া পাঠ শূন্যে (zero) রাখিবে। তৎপরে শলাকা সীমারেখায় দক্ষিণাবর্তে (clockwise direction) ক্ষেত্রের চতুর্দিকে ঘুরাইয়া যে স্থান হইতে উহা ঘুরিতে আরম্ভ হইয়াছিল সেই স্থানেই রাখিবে। পুনরায় যন্ত্রের পাঠ লইবে। প্রথম ও শেষ পাঠের বিয়োগফল হইতে সম্পত্তির ক্ষেত্রফল জানা যাইবে। ভ্রান্তি নিবারণার্থ দুইবার ক্ষেত্রফল বাহির করা যুক্তিযুক্ত।

যদি আলম্বটা ক্ষেত্রের ভিতরে থাকে, তাহা হইলে অনুসরণ শলাকা উহার চতুর্দিকে সম্পূর্ণ ঘুরিবে; কিম্বা চাকায় যে পাঠ পাওয়া যাইবে তাহা হইতে একেবারে ক্ষেত্রফল পাওয়া যাইবে না। উহাতে একটা স্থির রাশি (constant quantity) যোগ করিলে তবে ঐ ফল পাওয়া যাইবে। প্রত্যেক যন্ত্রের সহিত ঐ রাশি দেওয়া থাকে।

বিবিধ উদাহরণ।

কোনও বৃত্তের ব্যাস (diameter) ১০৭ ফুট, উহার ক্ষেত্রফল নির্ণয় করিতে হইবে।

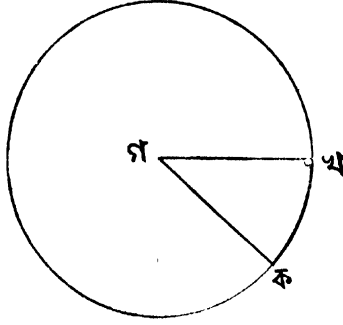
$$\begin{aligned}\text{ক্ষেত্রফল} &= (১০৭)^2 \times .৭৮৫৪ \\ &= ৮৯৯২.০৪ \text{ বর্গফুট।}\end{aligned}$$

নিম্নলিখিত উপায়ে মোটামুটি ফল পাওয়া যায় :—

$$\begin{aligned}\text{ক্ষেত্রফল} &= (১০৭)^2 \times \frac{.১১}{.১৪} \\ &= \frac{১২৫৯৩৯}{.১৪}\end{aligned}$$

$$= ৮৯৯৫৬৫ \text{ বর্গফুট।}$$

কোনও সেক্টরের (sector of a circle) ব্যাসার্ধ (radius) ৫০ ফুট এবং কোণ $৩৭^{\circ}\frac{১}{২}$ । উহার ক্ষেত্রফল নিরূপণ করিতে হইবে।



৩৬ চিত্র।

কথগ একটি সেক্টর, (৩৬ম চিত্র)
উহার গ কোণ $৩৭^{\circ}\frac{১}{২}$; এবং ব্যাসার্ধ
গক = গখ = ৫০ ফুট।

কথগ সেক্টরের বৃত্তটী সম্পূর্ণ
অঙ্কিত করিলে বৃত্তের ক্ষেত্রফল

$$= (১০০)^2 \times ৭৮৫৪ \text{ বর্গফুট,}$$

$$= ৭৮৫৪ \text{ বর্গফুট।}$$

এখন ইহা স্পষ্ট দেখা যাইতেছে,
 ৩৬° ও সেক্টরের অন্তর্গত গ কোণের
পরস্পর যে অনুপাত (proportion),

সমস্ত বৃত্তের ক্ষেত্রফল এবং কথগ সেক্টরের ক্ষেত্রফল এই দুইয়েরও পরস্পর
সেই অনুপাত।

অতএব—

$$\frac{\text{সেক্টরের ক্ষেত্রফল}}{\text{বৃত্তের ক্ষেত্রফল}} = \frac{৩৭^{\circ}\frac{১}{২}}{৩৬০^{\circ}}$$

অতএব—

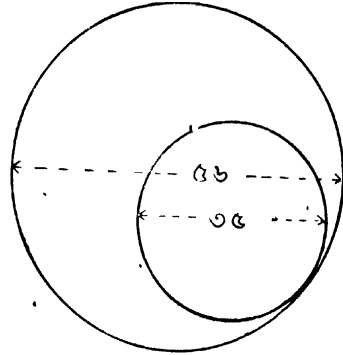
$$\frac{\text{সেক্টরের ক্ষেত্রফল}}{৭৮৫৪} = \frac{১৫}{১৪৪}$$

অতএব—

$$\text{সেক্টরের ক্ষেত্রফল} = \frac{৭৮৫৪ \times ১৫}{১৪৪}$$

$$= ৮১৭৮ \text{ বর্গফুট।}$$

৩৭ চিত্র।



দুইটী বৃত্ত পরস্পর অন্তরস্পর্শ (touching internally) করিয়াছে,
উহাদের ব্যাস যথাক্রমে ৩৬ ফুট এবং ৫৬ ফুট। বৃত্ত দুইটী দ্বারা যে চন্দ্রাংশবৎ
ক্ষেত্র গঠিত হইয়াছে তাহার কালি করিতে হইবে (৩৭ম চিত্র)।

$$\text{বৃহৎ বৃত্তের ক্ষেত্রফল} = (৫৬)^2 \times \frac{১১}{১৪}$$

$$= ২৪৬৪ \text{ বর্গফুট।}$$

$$\text{ক্ষুদ্র বৃত্তের ক্ষেত্রফল} = (৩৬)^2 \times \frac{১১}{১৪}$$

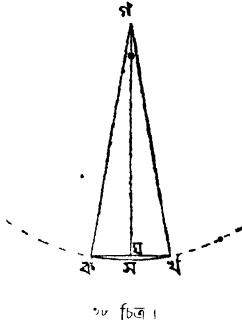
$$= ১০১৭.৫ \text{ বর্গফুট।}$$

ইহাদের বিয়োগফল চন্দ্রাংশবৎ ক্ষেত্রফল হইবে। অতএব নিৰ্ণেয় ক্ষেত্রফল ১৪৪৬৫ বর্গফুট।

কোনও বৃত্তখণ্ডের (segment of a circle) ব্যাসার্ধ ৪৯ ফুট উহার কেন্দ্রস্থিত কোণ 18° । উহার ক্ষেত্রফল গণনা কর।

৩৮ম চিত্রেক সমস্ত বৃত্তখণ্ড, গ বৃত্তকেন্দ্র।

কথ এর উপর গঘ লম্বরেখা টান।

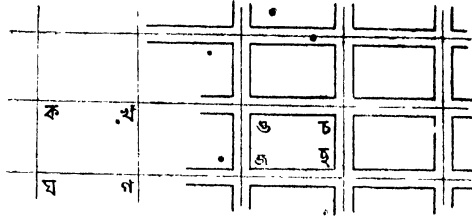


তাহা হইলে বৃত্তখণ্ডের ক্ষেত্রফল

= গকথ সেক্টরের ক্ষেত্রফল - গকথ ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল।

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(২৮)^2}{2} \times \frac{18}{360} - \frac{1}{2} \times (৪৯)^2 \times \sin 18^\circ \\
 &= \frac{৩৭৭৩}{১০} - \frac{১৪০১}{২} \times ০.৩১ \\
 &= ৩৭৭.৩ - ৩৭১.১ \\
 &= ৫.২ \text{ বর্গফুট।}
 \end{aligned}$$

একটা কয়লাখনির ম্যা নজার ৮৫ ফুট দীর্ঘ ৪৮ ফুট প্রস্থ কয়লার কাঁথি রাখিয়াছেন, এবং ১১ ফুট চওড়া সুঁদ চালাইয়াছেন। তিনি শাকরা কত কয়লা নিঃশেষ করিয়াছেন।



৩৯ চিত্র।

সুঁদের কেন্দ্ররেখা (centre lines) সমূহের বাবধান (৩৯ম চিত্র) ৯৭ ফুট এবং ৬০ ফুট।

মনে কর, সমস্ত খনিটা সুঁদের কেন্দ্র রেখাগুলি দ্বারা সীমাবদ্ধ কাল্পনিক আয়ত্রে বিভক্ত হইয়াছে, যথা কথগঘ আয়ত।

কয়লা নিঃশেষ করিবার পক্ষ (after workings) এই কাল্পনিক আয়ত্রে কেবল ওচছজ্জ অংশ অবশিষ্ট থাকিবে; এবং ওচছজ্জ ও কথগঘ এই উভয়ের পরস্পর যে অন্তরপাত, নিঃশেষের পর সমস্ত কাঁথির সমষ্টি ও নিঃশেষের পূর্বে সমস্ত কয়লার পরিমাণ এই উভয়ের পরস্পর সেই অন্তরপাত।

কিন্তু কথগঘ ক্ষেত্রের কালি = $৯৭ \times ৬০ = ৫৮২০$ বর্গফুট।

এবং ওচছজ ক্ষেত্রের কালি = $৮৫ \times ৪৮ = ৪০৮০$ বর্গফুট।

অতএব কাঁথিতে শতকরা

$$\frac{৪০৮০ \times ১০০}{৫৮২০} = ৭১.৮ \text{ কয়লা অবশিষ্ট রহিয়াছে।}$$

অতএব প্রথম নিঃশেষে (first working অর্থাৎ মূ'দ চালাইবার পর এবং কাঁথি কাটার পূর্বের) শতকরা ২৮.২ কয়লা উত্তোলন করা হইয়াছে।

একটা ৮ ফুট ৬ ইঞ্চি ঘোটা ক্ষিতিজতলগত স্তরে (seam) কয়লার মোট পরিমাণ (gross amount) কত? কয়লার আপেক্ষিক গুরুত্ব (specific gravity) ১.৩৫।

এক একর = ৪৮৪০ বর্গগজ = ৪৩৫৬০ বর্গফুট।

$$\therefore \text{এক একরের কয়লার ঘনফল} = ৪৩৫৬০ \times ৮.৫ \\ = ৩৭০১৬০ \text{ ঘনফুট।}$$

কিন্তু এক ঘনফুট জলের ওজন = ৬২.৫ পাউণ্ড।

$$\therefore \text{এক ঘনফুট কয়লার ওজন} = ৬২.৫ \times ১.৩৫ \text{ পাউণ্ড} \\ = ৮৪.৩৭৫ \text{ পাউণ্ড।}$$

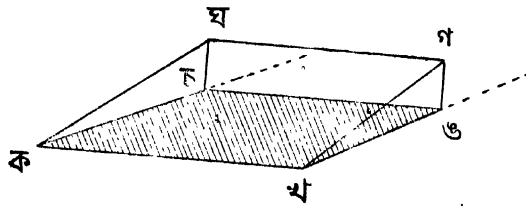
প্রতি একরের সমস্ত কয়লার ওজন

$$= ৩৭০১৬০ \times ৮৪.৩৭৫ \text{ পাউণ্ড।}$$

$$= \frac{৩৭০১৬০ \times ৮৪.৩৭৫}{১১২০} \text{ টন,}$$

$$= ১৩৯৪৬ \text{ টন।}$$

পূর্ব সম্পাদ্যে স্তরের নতি তিনে এক (1 in 3) হইলে কত উত্তর হইবে?

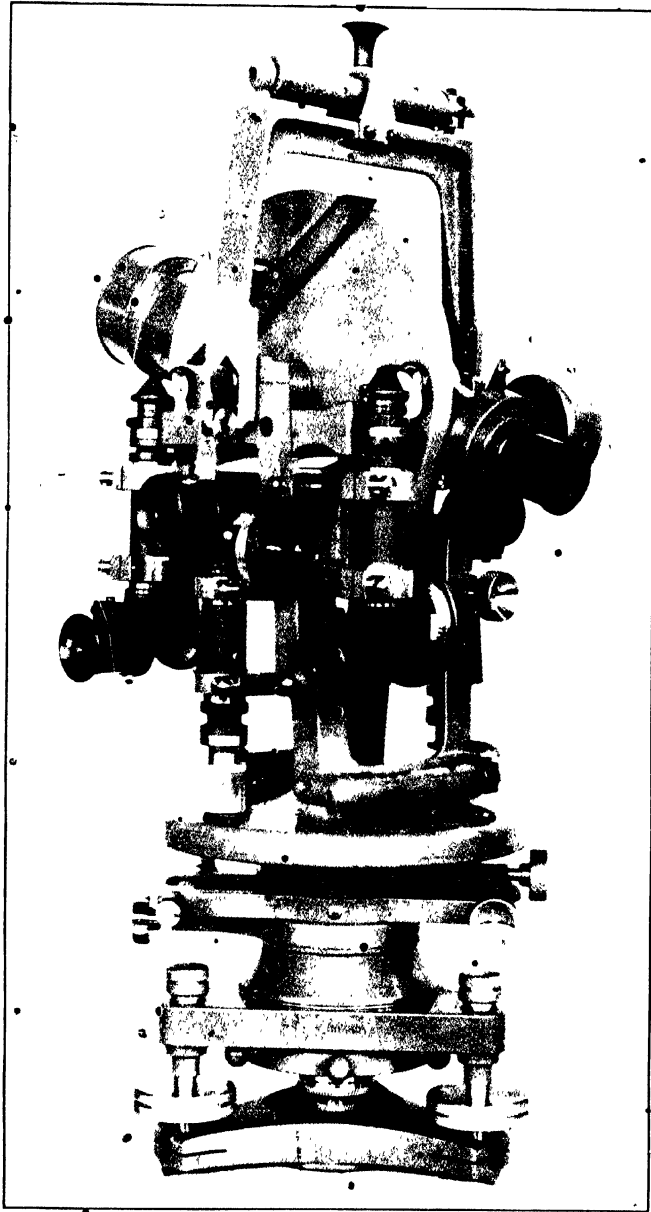


৪০ চিত্র।

কথগঘ একটা এক একর কয়লাস্তর। উহার নতি তিনে এক, এবং কথঙচ যদি ক্ষিতিজতলের উপর লম্বায়া হয়, তবে কথঙচ ঠিক এক একর হইবে।

কিন্তু খগ খঙ আপেক্ষা বৃহৎ।

অতএব কথগঘ এক একর আপেক্ষা নিশ্চয়ই বৃহৎ হইবে।



প্রশিষ্ট — গুয়াটিন-উন্ডাবিও ক্রীক কোণ মাপক ৮ ইঞ্চি পিথোডোলাইট, ইহাতে একেবারে ২ সেকেন্ড পর্যন্ত
পাঠ করা যায়।

• এখন ইহা কত বহুং তাহাই নির্ণয় করিতে হইবে।

কথগঘ এর ক্ষেত্রফল = কথ × খগ.

কথঙচ এর ক্ষেত্রফল = কথ × খঙ.

$$\therefore \frac{\text{কথগঘ এর ক্ষেত্রফল}}{\text{কথঙচ এর ক্ষেত্রফল}} = \frac{\text{খগ}}{\text{খঙ}}।$$

এখন খঙগ ত্রিভুজের ও কোণ সমকোণ।

এবং যদি গঙকে ১ ধরা হয়, তাহা হইলে খঙ ও হইবে।

$$\therefore \text{অতএব গখ} = \sqrt{1+9} = \sqrt{10} = ৩.১৬২$$

$$\therefore \frac{\text{খগ}}{\text{খঙ}} = \frac{৩.১৬২}{৩} = ১.০৫৪।$$

সুতরাং নক্সার ক্ষেত্রফলকে ১.০৫৪ দিয়া গুণ করিলে প্রকৃত (true) ক্ষেত্রফল পাওয়া যাইবে।* অতএব প্রতি একরে কয়লার যথার্থ ওজন..
১.০৫৪ × ১৩৯৪৬ = ১৪৬৯৯ টন হইবে।

নিম্নলিখিত সূত্রের সাহায্যে উপরোক্ত প্রশ্নের মীমাংসা করা যায়:—

$$\text{প্রকৃত ক্ষেত্রফল} = \text{নক্সার ক্ষেত্রফল (plan area)} \times \text{সেক ক (Sec. ক)}।$$

এখানে ক নতির কোণ।

ঘনফল নির্ণয় (calculation of volume)।

কয়লাখনির ম্যানেজারকে অধিকাংশ স্থলেই ফলকাভাস (prismoid) সমদশ ঘন পদার্থ ব্যবহার করিতে হয়। উহাদের প্রান্তদ্বয় (ends) সমান্তরাল সমতল, এবং পার্শ্ব সাধারণতঃ ত্রিভুজ বা চতুর্ভুজ দ্বারা পরিবেষ্টিত। কয়লা-স্থূপের পরিমাণ কিম্বা পুষ্করিণীতে জলের ঘনফল নির্ণয় করা এই বিষয়ের অন্তর্গত। মস্তকশূন্য বৃত্তসূচি (frustum of a cone), মস্তকশূন্য সমকোণসূচি (frustum of a pyramid) এবং মস্তকশূন্য স্তম্ভ (frustum of a cylinder) সমুদয়ও ফলকাভাস। কিন্তু প্রায়ই ফল নির্ণয়ে ঘনগুলি এত সরলাকৃতি নহে। পরন্তু উহাদের পার্শ্ব এবং পৃষ্ঠীন এত বিকল, যে ঘনফল প্রায় মোটামুটি হয়।

ঐদৃশ ফলকাভাসের ঘনফল বাহির করিতে হইলে নিম্নলিখিত নিয়মটি একান্ত প্রয়োজনীয়:—

যদি উপরিস্থ পৃষ্ঠের (top surface) ক্ষেত্রফল ক, এবং তলস্থ পৃষ্ঠের (bottom surface) ক্ষেত্রফল খ হয়

এবং মধ্যভাগে ছেদিত পৃষ্ঠের (midsection) ক্ষেত্রফল গ হয় (উপরিস্থ এবং তলস্থ পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফলের সমষ্টির আর্দ্রক নহে),

আরও যদি উপরিস্থ ও তলস্থ পৃষ্ঠের মধ্যে লম্বের পরিমাণ দ হয়,

$$\text{তাহা হইলে ঘনফল} = \frac{d}{6} (k + x + 4g)।$$

উদাহরণ :—একটা কয়লাস্তূপের উপরিভাগ আয়তক্ষেত্র। উশ ১০ ফুট উচ্চ, এবং পার্শ্বের প্রবণতা ৪৫°। উপরিস্থ ক্ষেত্রের মাপ ১০০ ফুট × ৩০ ফুট। স্তূপে কত টন কয়লা আছে।

তলস্থ ভূমির মাপ নিশ্চয়ই ১২০ × ৫০ ফুট হইবে।

মধ্যভাগে ছেদিত পৃষ্ঠের মাপ ১১০ × ৪০ ফুট।

অতএব ক ক্ষেত্রফল = ৩০০০ বর্গফুট,

খ .. = ৬০০০ ..

গ .. = ৪৪০০ ..

সুতরাং স্তূপের ঘনফল

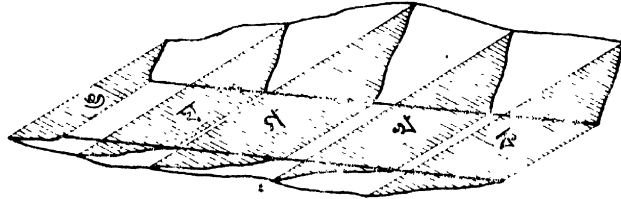
$$= \frac{10}{6} \{ ৩০০০ + ৬০০০ + ১৭৬০০ \} \text{ ঘনফুট,}$$

$$= ৪৭৩৩৩ \text{ ঘনফুট।}$$

যদি টন প্রতি ৪০ ঘনফুট আনুগা কয়লা (loose coal) ধরা হয়, তবে ৪৭৩৩৩ ঘনফুটে ১১০৮ টন কয়লা হইবে।

উপরাক্ত নিয়মে যে ভাবে লম্বা এবং অপ্রশস্ত দ্রব্যের ঘনফল বাহির করা হইয়াছে, সেই প্রকারে কাটান এবং বাঁধের ঘনফল নিরূপণ করা যাইতে পারে।

কাটান এবং বাঁধ (cuttings and embankments)।



৪২ চিত্র।

৪১ম চিত্রে একটা কাটান দেখান হইয়াছে। উহাকে সমবাবধান সমতল দ্বারা কতকগুলি খণ্ডে বিভক্ত করা হইয়াছে। মনে কর, সমবাবধান দ এর সমান।

প্রদর্শিত উদাহরণে কাটানের কতকগুলির দৈর্ঘ্যকে ক, খ, গ, ঘ, ঙ এই পাঁচটা সমতল দ্বারা চারিভাগে বিভক্ত করা হইয়াছে। সমতলের সংখ্যা বন্ধিত করা যাইতে পারে।

ক ও খ এর মধ্যবর্তী খণ্ডের মোটামুটি ঘনফল

$$= \frac{d}{2} (ক + খ).$$

এবং খণ্ড সমূহের ঘনফল যোগ করিলেই মোট ঘনফল পাওয়া যাইবে।

অতএব মোট ঘনফল

$$= \frac{d}{2} (ক + খ) + \frac{d}{2} (খ + গ) + \cdots \cdots \frac{d}{2} (ঘ + ঙ)$$

$$= \frac{d}{2} (ক + ১খ + ১গ + ১ঘ + ১ঙ)$$

$$= d \left(\frac{ক}{2} + খ + গ + ঘ + \frac{ঙ}{2} \right)$$

দ্বিতীয় অধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১। এক ম্যানেজার নিম্নলিখিত 'প্রণালীতে' ১২ ফুট মোটা একটি কয়লার স্তর নিঃশেষ করিতেছেন :—তিনি উত্তরদক্ষিণে ৮ ফুট প্রস্থ, এবং ১০ ফুট উচ্চ স্ফটালি-য়াছেন। উহাদের একটির কেন্দ্ররেখা হইতে অপরটির কেন্দ্ররেখা পর্যন্ত ১০০ ফুট। পূর্বপশ্চিম স্ফটালি সমূহের এক কেন্দ্ররেখা হইতে অপর কেন্দ্ররেখার ব্যবধান ৬০ ফুট। উহাদের প্রস্থ ১০ ফুট এবং উচ্চতা ১০ ফুট। শতকরা কত কয়লা তিনি নিঃশেষ করিয়াছেন।

উত্তর :—২২ ১/২।

২। আটটি সর্বল রেখা বেষ্টিত একটি ক্ষেত্র নক্সা কর, এবং উহার সমক্ষেত্রফল ব্রিহজ্জ অঙ্কিত কর।

৩। একটি কয়লাস্তরের অন্তঃ শতকরা ৬৫ ভাগ অনিশ্চিত রাখিতে হইবে। সর্বাপেক্ষাকৃত চওড়া স্ফটালি ৫০ ফুট সমতলুর কাপি রাখিতে পারা যাইবে ?

উত্তর :—১২ ফুট।

৪। কগগঘ একটি চতুর্ভুজ। উহা বর্গ, কর্ণ, কগ কর্ণকে ৬ বিন্দুতে কটন করিয়াছে। দক্ষিণ-পূর্ব কোণ থ হইতে আবস্ত কবিয়া প্রায় উত্তর-পশ্চিমে শিকল দ্বারা মাপ করিলে থ হইতে ৬ প্যাস্ত মাপ ৬৪০'৫ ফুট, অতঃপর আবস্ত অগ্রসর হইলে ঘ পর্যন্ত মাপ ৩৬০'৫ ফুট। দক্ষিণ দিকে গমন করিলে ঘক এবং মাপ ৪১৪'৫ ফুট। কগ উত্তর-পূর্বে ৬ কে অতিক্রম করে। কঙ এর মাপ ৩০০'৫ এবং ৬গ ৫৪৭ ফুট। গঘ ৭৪৩ ফুট। থগ ৭৪৭'৫ ফুট ও কগ ৭৭২ ফুট। সমস্ত মাপ ক্ষতিজতলে লওয়া হইয়াছে। চতুর্ভুজটি অঙ্কিত কর, জরিপ করিতে, কত ভুল হইয়াছে নিরূপণ কর, এবং ভুল সংশোধন কর। চতুর্ভুজের ক্ষেত্রফল নির্ণয় কর। [সিটি এবং গিল্ডস (City and Guilds)]।

উত্তর :—৯'৪৭ একর

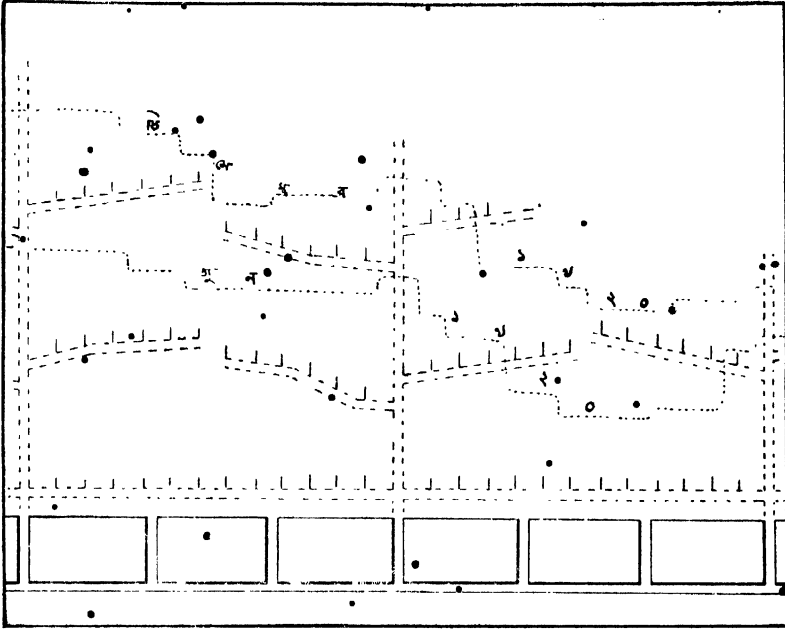
৫। নিয়ে একটি ক্ষেত্রের শিকল দ্বারা জরিপ প্রদত্ত হইল। ক্ষেত্রটি অঙ্কিত না করিয়াই ফল গণনা কর। এস্থলে ১০০ ফুট শিকল ব্যবহার করা হইয়াছে।

	০	
	৭৪৮০	
	১১৬০	৪৬০
৬৫০	৮৪০	৯২৮
৫৩৬	৫১০	
	০	
	০	

উত্তর :—১২৩০৮২৪ বর্গফুট কিম্বা ২৮ একর ১,৬৬০'৯ পোল।

৬। একটি কয়লাখনির কতকাংশের নক্সা দেওয়া হইল। 'কয়লাস্তর ৩ ফুট ৯ ইঞ্চি মোটা, এবং রাজকর (royalty) প্রতিটন ১০ আনা, তাহা হইলে ম্যানেজারকে ১৯২০ সালের জুন হইতে ডিসেম্বর মাসের শেষ পর্যন্ত ৬ মাসে কত রাজকর প্রদান করিতে হইবে ?

৭। একটা কয়লার স্তর ১৫ ফুট মোটা, উহাব নতি প্যাচে এক। কোন মানে-জার এরূপ স্তরবিশিষ্ট ১৪৫০ বিঘা জমির কয়লা নিঃশেষ করিতেছেন। তিনি মনে করেন স্থানচ্যুতি এবং চানকের কাণি (shaft pillars) ইত্যাদিতে যে ক্ষতি হইবে তাহা



৪২ চিত্র : মান ১০ ফুট : ১ ইঞ্চি

জগৎ শতকরা মোট ১৭ ভাগ কয়লা কম নিঃশেষিত হইবে। তাহার অনুমানে ক্ষতিবাদে কত টন কয়লা নিঃশেষিত হইবে। কয়লার আপেক্ষিক গুরুত্ব ১.৪।

৮। একটা চানক ৩০০ ফুট গভীর হইবে। উহাব ব্যাস ১৮ ফুট। চানক হইতে উত্তোলিত দ্রব্য দ্বারা মস্তকশূন্য সমকোণস্থি সদৃশ ১০ ফুট উচ্চ একটা স্তপ করিতে হইবে। ঐ স্তপের জগৎ কত পরিমাণ জমি আবশ্যক।

উত্তর :—১৭০ বর্গফুট।

৯। ৩২০ বিঘা ৭ কাঠায় কত একর, রুড এবং পোল হইবে।

উত্তর :—১০৫ একর, ৩ রুড এবং ১৪.১ পোল।

তৃতীয় অধ্যায় ।

কোণপরিমাণ (measurement of angles) ।

ইউক্লিডের সংজ্ঞা—“কোন বিভিন্ন মুখীন দুই সরল রেখা সংলগ্ন হইলে তাহাদের পরস্পরের অবনতিকে কোণ বলে” ।

কোণের এই সংজ্ঞা (definition) জরিপকারীর পক্ষে যথেষ্ট নহে । কারণ উহা দ্বারা প্রত্যাবর্তী (reflex) কোণ কিম্বা ঋণাত্মক (negative) কোণের ধারণা করা যায় না ! আরও, কোণ পুস্তকে সন্নিবিষ্ট ক্রমিতে কিম্বা কাগজে অঙ্কিত করিতে একটি ভূমিরেখার বিশেষ আবশ্যক ; এই সংজ্ঞা তাহাও সূচিত করে না । একটি সরু যষ্টির এক প্রান্ত বিবর্তন কৌলকের (pivot) উপর আছে । যষ্টি কৌলকের চতুর্দিকে আবর্তন করিয়া বৈধ অঙ্কিত করে । এবম্বিধ যষ্টির বিষয় কল্পনা করিলেই জরিপ শিক্ষার্থী কোণের সম্বন্ধে জ্ঞান লাভ করিতে পারিবে । যষ্টি একটি নির্দিষ্ট স্থান (ভূমিরেখা base line) হইতে ঘুরিতে আরম্ভ করিয়া একবার ঘুরিয়া এই স্থানেই থামিবে । সুতরাং উহার প্রত্যেক বিন্দু এক একটি সম্পূর্ণ বৃত্ত অঙ্কিত করিবে । যষ্টির অন্য প্রান্তবিন্দু সহজেই অনুমেয় । এই প্রান্তবিন্দু দ্বারা অঙ্কিত বৃত্তটী বৃহত্তম । এই বিন্দু ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র রেখা পর পর অঙ্কিত করিয়া বৃত্তটী উৎপন্ন করে । ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র রেখাগুলি বৃত্তের চাপ বা ধনুঃ (arc) । অঙ্কিত ধনুঃ সমূহ উহাদের কেন্দ্রস্থিত কোণের সহিত পরস্পর ঠিক সমানুপাতী, এবং এই ধনুঃ সমুদয়ের চিত্তা করিলেই ছাত্রেরা সহজেই কোণ মাপের পদ্ধতি স্বন্দররূপে বুঝিতে পারিবে । ইহা মনে রাখিতে হইবে, প্রায় সমস্ত যন্ত্রই “দক্ষিণাবর্ত” (right handed), অর্থাৎ উহার কোণ অঙ্কনকারী ভ্রমণশীল কল্পিত যষ্টি ডানদিকে ঘুরে ; আর কতকগুলি যন্ত্র “বামাবর্ত” (left handed) ; অতএব অপরিচিত যন্ত্র ব্যবহার করিবার সময় জরিপকারীর সতর্ক থাকা উচিত । আবার কোন কোন যন্ত্রে এইরূপে দাগ কাটা (calibrated) আছে যে, উভয় দিকেই কোণ পরিমিত হয় ।

উপরোক্ত উদাহরণে কল্পিত যষ্টির সম্পূর্ণ আবর্তন হইলে, অর্থাৎ উহা শূন্য স্থান (zero position) হইতে আরম্ভ করিয়া চতুর্দিকে

এককালি :

একবার সম্পূর্ণ ঘুরিলে, যে কোণ অঙ্কিত করিবে তাহার সাহায্য লইলেই একক সহজেই নির্বাচন করা যাইতে পারে ; কিম্বা একই কথা সমকোণকেও একক বলিয়া গ্রহণ করা যাইতে পারে । কারণ উহা সম্পূর্ণ ঘূর্ণনের এক-চতুর্থাংশ । এই মূলতত্ত্ব ব্রিটেনের এককাবলির ভিত্তি । উহা নিম্নে প্রদত্ত হইল :—

এক সম্পূর্ণ আবর্তন = ৪ সমকোণ	|	এক ডিগ্রি = ৬০' (মিনিট)
এক সমকোণ = ৯০" (ডিগ্রি)		এক মিনিট = ৬০" (সেকেন্ড) ।

যুরোপে প্রচলিত (continental) এককাবলে, ব্রিটেনের এককাবলি হইতে ভিন্ন। উহা দশমিক নিয়মের উপর প্রতিষ্ঠিত; কিন্তু ব্রিটেনের এককাবলের মত সমকোণ হইতে উৎপন্ন। যথা :—

$$\begin{aligned}\text{এক সম্পূর্ণ আবর্তন} &= ৪ \text{ সমকোণ} \\ \text{এক সমকোণ} &= ১০০^g (\text{গ্রেড grad}^g) \\ \text{এক গ্রেড} &= ১০^m (\text{মিনিট}) \\ \text{এক মিনিট} &= ১০^s (\text{সেকেন্ড})\end{aligned}$$

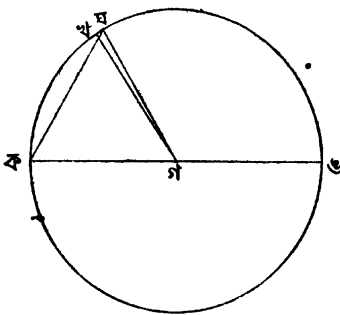
ইহাতে দেখা যায়, এক সমকোণে ৯০ ডিগ্রি এবং ১০০ গ্রেড। অতএব ৯ ডিগ্রি = ১০ গ্রেড। সুতরাং তুল্য ডিগ্রি পাঠিতে হইলে ১ গ্রেডকে $\frac{9}{10}$ দিয়া গুণ করিতে হইবে। সাদৃশ্যতঃ যদি কোণ ডিগ্রিতে দেওয়া থাকে, উহাকে গ্রেডে পরিবর্তিত করিতে হইলে $\frac{10}{9}$ দিয়া গুণ করিতে হইবে।

$$\text{পুনঃ } ৫৪^{\circ}০০' = \text{এক সমকোণ} = ১০০০০^s$$

$$\text{এবং } ৩১৫০০'' = \text{এক সমকোণ} = ১০০০০০০^s$$

একটা কোণে যত ব্রিটেনের মিনিট আছে তাহাকে যুরোপে প্রচলিত মিনিটে কিম্বা যুরোপে প্রচলিত মিনিটকে ব্রিটেনের মিনিটে পরিবর্তিত করিতে, এবং সেকেন্ড সম্বন্ধীয় ঐরূপ প্রশ্নের মাথাঙ্গা করিতে, ছাত্রেরা আবশ্যকীয় উৎপাদক (factor) অনায়াসে নির্ণয় করিতে পারিবে।

কোণ পরিমাণ করিবার আর একটা উপায় আছে, তাহাকে চাপীয় মান বলে। উহা সম্পূর্ণ বৃত্ত বা সমকোণের উপর প্রতিষ্ঠিত নহে। ব্যাসার্ধের সমান ধনুঃ বৃত্তকেদ্রে যে কোণ জাত করে তাহাই উহার একক। যথা, ৪৩ম চিত্রে, যদি গ বৃত্তকেদ্র হয়, এবং কথ ধনুঃ ব্যাসার্ধের সমান হয়, তাহা হইলে কগথ কোণ চাপীয় মানের একক। পরিধিতে একটা ঘ বিন্দু লইলে যদি ঘকগ সমবাহু ত্রিভুজ হয়, তাহা হইলে স্পষ্ট প্রতীয়মান হইবে, ঘ থকে অতিক্রম করিয়া অল্প দূরেই রহিয়াছে। অতএব দেখা যাইতেছে, কগথ কোণ ৬০° অপেক্ষা কিছু ছোট। চাপীয় মানের একককে সমত্রিভুজ্যকোণ (radian) বলে। উহা পুনর্বিভক্ত হয় না।



৪৩ চিত্র।

পূর্ব্বমত ঘ ঘ কে যদি যষ্টি ধরা হয়, এবং মনে করা হয়, উহা শূন্যস্থান গক হইতে ঘুরিতেছে, তবে যখন যষ্টির প্রান্ত ও বিন্দুতে পৌঁছাবে, তখন উহা

২ সমকোণ অথবা 180° অঙ্কিত করিবে। কষঙ অর্দ্ধ পরিধি কথ ধনুঃ দ্বারা যতবার বিভাজ্য কষঙ কোণ (২ সমকোণ) তত সমত্রিজ্যাকোণ হইবে।

কিন্তু কথ ধনুঃ = গক ব্যাসার্দ্ধ. এবং আমরা জানি,

$$\text{অর্দ্ধ পরিধি} = \pi \text{ ব্যাসার্দ্ধ।}$$

$$\therefore \text{দুই সমকোণ} = \pi \text{ সমত্রিজ্যাকোণ}$$

$$= 3.1416 \text{ সমত্রিজ্যাকোণ}$$

$$\text{কিন্তু } \frac{22}{7} \text{ সমত্রিজ্যাকোণ।}$$

$$(\pi \text{ এর উভয় মানই স্থূল})।$$

$$\text{সমকোণ} = 180^\circ = 180^\circ \times \pi \text{ সমত্রিজ্যাকোণ।}$$

এই সমাকরণ (equation) হইতে আমরা সমত্রিজ্যাকোণকে ডিগ্রিতে কিম্বা গ্রেডে এবং ডিগ্রি বা গ্রেডকে সমত্রিজ্যাকোণে পরিবর্তিত করিতে পারি।

যথা. ক সমত্রিজ্যাকোণকে ডিগ্রিতে আনিতে হইবে।

$$\text{আমরা জানি } \pi \text{ সমত্রিজ্যাকোণ} = 180^\circ$$

$$\therefore 1 \text{ সমত্রিজ্যাকোণ} = \frac{180^\circ}{\pi}$$

$$\therefore \text{ক সমত্রিজ্যাকোণ} = \frac{180^\circ}{\pi} \times \text{ক ডিগ্রি।}$$

কিন্তু ক ডিগ্রিকে সমত্রিজ্যাকোণে রাখিতে হইবে।

$$\text{আমরা জানি } 180^\circ = \pi \text{ সমত্রিজ্যাকোণ}$$

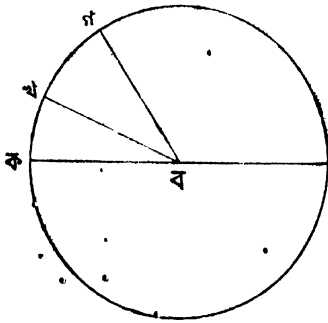
$$\therefore 1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ সমত্রিজ্যাকোণ}$$

$$\therefore \text{ক}^\circ = \frac{\pi}{180} \times \text{ক সমত্রিজ্যাকোণ।}$$

π কে যদি 3.1416 ধরা হয়, তবে এক সমত্রিজ্যাকোণ = $57^\circ 17' 44''$ ।

জরিপ কার্যের জন্য সমত্রিজ্যাকোণ = 57° লইলেই যথেষ্ট হইবে।

কেন্দ্রস্থিত কোণ জানা থাকিলে সমত্রিজ্যাকোণ দ্বারা ধনুর দৈর্ঘ্য নির্ণয় করা যাইতে পারে।



১৪ চিত্র।

মনে কর. কেন্দ্রস্থিত কোণ কবথ এর পরিমাণ = থ. এবং ব্যাসার্দ্ধ = র জানা আছে। ৪৪ম চিত্র দেখ।
র এর সমান করিয়া একটি কগ ধনুঃ মাপ।

অতএব কবগ কোণ = এক সমত্রিজ্যাকোণ।

তাহা হইলে

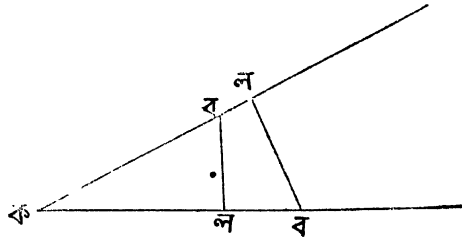
$$\frac{\text{কথ ধনুঃ}}{\text{কগ ধনুঃ}} = \frac{\text{কবথ কোণ}}{\text{কবগ কোণ}}$$

এইরূপে যদি থ ডিগ্রিতে দেওয়া থাকে, তবে স্থূলতঃ

$$\frac{\text{কথ ধনুঃ}}{\text{র}} = \frac{\text{থ}}{৫৭^{\frac{১}{২}}}$$

$$\text{অর্থাৎ কথ ধনুঃ} = \text{র} \times \frac{\text{থ}}{৫৭^{\frac{১}{২}}}$$

ত্রিকোণমিতিক অনুপাতগুলি, যথা, কোণের সাইন্ (sine), কোসাইন্ (cosine) ও টেন্জেন্ট (tangent), এবং উহাদের বিকোণমিতিক অনুপাত সমষ্টি (trigonometrical ratios) বাৎক্রম সকল (reciprocals), যেমন কোসিকেন্ট (cosecant), সিকেন্ট (secant) ও কোটেন্জেন্ট (cotangent) জরিপকারীর বিশেষ আবশ্যক। কারণ উহাদের সাহায্যে বৈখিক পরিমাণ নির্ণীত হয়; এবং নক্সা করিয়া যে সমস্ত মাপ পাওয়া যায় সেগুলিও পরীক্ষিত হয়। উহাদের সাহায্যে ছুর্গম দ্রবোর উচ্চতা এবং দূরত্ব স্থিরীকৃত হয়। অঙ্কশাস্ত্র সম্প্রদায় তালিকা পুস্তকে, (mathematical tables) ০° হইতে ৯০° পর্যন্ত প্রত্যেক ডিগ্রি ও মিনিটের ত্রিকোণমিতিক অনুপাত দেওয়া থাকে। উহা ব্যবহার করিলে অল্প সময়ে অনেক কাজ হয়, এবং সূক্ষ্ম ফল পাওয়া যায়।



৪৫ চিত্র।

৪৫ম চিত্রে, ক একটি কোণ। উহার ত্রিকোণমিতিক অনুপাত সমূহের ব্যাখ্যা এইরূপঃ—

কোণের যে কোন বাহুতে ব বিন্দু লও, এবং উহা হইতে অগ্র বাহুর উপর বল লম্বপাত কর।

অতএব বল কে “লম্ব”

এবং কব কে “কর্ণ”

এবং কল কে “ভূমি” বলা হইলে,

$$\begin{aligned}
\text{সাইন্স ক (ক এর সাইন্স)} &= \frac{\text{লম্ব}}{\text{কর্ণ}} = \frac{\text{ব ল}}{\text{ক দ}} \\
\text{কস্ ক (ক এর কোসাইন্স)} &= \frac{\text{ভূমি}}{\text{কর্ণ}} = \frac{\text{ক'ন}}{\text{ক দ}} \\
\text{টেন্ ক (ক এর টেন্জেন্ট)} &= \frac{\text{দম্ব}}{\text{ভূমি}} = \frac{\text{ব ল}}{\text{ক ল}} \\
\text{কোসেক্ ক (ক এর কোসিকেক্ট)} &= \frac{\text{কর্ণ}}{\text{লম্ব}} = \frac{\text{ক ব}}{\text{ব ল}} \\
\text{সেক্ ক (ক এর কোসাইন্স)} &= \frac{\text{কর্ণ}}{\text{ভূমি}} = \frac{\text{ক ব}}{\text{ক ল}} \\
\text{কট্ ক (ক এর কোটেন্জেন্ট)} &= \frac{\text{ভূমি}}{\text{লম্ব}} = \frac{\text{ক ল}}{\text{ব ল}}
\end{aligned}$$

কব যতই বড় হউক, কিম্বা ব বিন্দু যে কোন বাহুতে লওয়া যাউক না কেন, তাহাতে কিছু আসে যায় না। ক কোণের যতক্ষণ না পরিবর্তন হয়, ততক্ষণ উহার ত্রিকোণমিতিক অনুপাত সমূহ অপরিবর্তিত থাকিবে।

ছাত্রদিগের মনে রাখা উচিত, যেহেতু সমকোণী ত্রিভুজের কর্ণ সমস্ত বাহু অপেক্ষা বড়, অতএব সমস্ত কোণের সাইন্স ও কোসাইন্স এক অপেক্ষা অধিক নহে। কোসিকেক্ট ও সিকেক্ট উহাদের ব্যুৎক্রম বলিয়া কোণের কোসিকেক্ট ও সিকেক্ট এক অপেক্ষা নূন নহে। সামান্য চিন্তা করিলেই বুঝিতে পারা যায়, যেমন ক কোণ ০° হইতে ৪৫° পর্য্যন্ত বদ্ধিত হইবে, ঐ কোণের টেন্জেন্ট ০ হইতে ১ পর্য্যন্ত বাড়িবে। কোণ ৪৫° হইতে ৯০° পর্য্যন্ত বদ্ধিত হইলে, ঐ কোণের টেন্জেন্ট ১ হইতে অনন্ত (infinity) পর্য্যন্ত বদ্ধিত হইবে। কোটেন্জেন্ট টেন্জেন্টের ব্যুৎক্রম। অতএব যেমন কোণ ০° হইতে ৪৫° পর্য্যন্ত বাড়িবে ঐ কোণের কোটেন্জেন্ট অনন্ত হইতে ১ পর্য্যন্ত কমিবে, এবং যেমন কোণ ৪৫° হইতে ৯০° পর্য্যন্ত বাড়িবে উহা ১ হইতে ০ পর্য্যন্ত কমিবে।

আর একটী বিষয় ছাত্রের স্মরণ রাখিতে হইবে। সমকোণী ত্রিভুজের সূক্ষ্মকোণ দুইটির সমষ্টি এক সমকোণ।

$$\text{অতএব সাইন্স ক} = \text{কোসাইন্স (৯০° - ক)}$$

$$\text{এবং কোসাইন্স ক} = \text{সাইন্স (৯০° - ক)}।$$

সুতরাং তালিকায় ০° হইতে ৯০° পর্য্যন্ত থাকিলেই যথেষ্ট হইবে। উহার সাহায্যে যে কোন কোণের সাইন্স বা কোসাইন্স নির্ণয় করা যাইতে পারে, কারণ একটী কোণের সাইন্স বা কোসাইন্স যথাক্রমে অনুপূরক (complement) কোণের কোসাইন্স এবং সাইন্সের সমান।

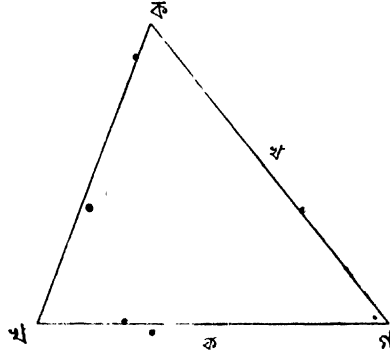
নিম্নলিখিত সূত্র দ্বারা টেন্ ক নিরূপিত হইবে :—

$$\text{টেন্ ক} = \frac{\text{সাইন্স ক}}{\text{কস্ ক}} = \frac{\text{সাইন্স ক}}{\text{সাইন্স (৯০° - ক)}}$$

• কিন্তু অঙ্কশাস্ত্র সম্বন্ধীয় তালিকায় কোণ সাইন্, কোসাইন্ এবং টেনজেন্ট, স্বতন্ত্রভাবে দেওয়া থাকে।

ত্রিভুজ সম্বন্ধায় নিম্নলিখিত সূত্রগুলি বিশেষ আবশ্যকীয় (৪৬ম চিত্র) :—

একটি কথগ ত্রিভুজের কোণ ৩টি ক, খ ও গ বলিয়া অবিহিত হইবে, এবং উহাদের অভিমুখীন বাহুগুলিকে যথাক্রমে ক, খ ও গ বলা যাইবে।



৪৬ চিত্র।

(১) তিনটি বাহু, যথা ক, খ, গ, দেওয়া থাকিলে

$$\text{ক্ষেত্রফল} = \frac{\sqrt{s(s-k)(s-x)(s-g)}}{1}$$

$$\text{এখানে } s = \frac{k+x+g}{2}$$

(২) দুইটি বাহু ও উহাদের অন্তর্গত কোণ দেওয়া থাকিলে

$$\text{ক্ষেত্রফল} = \frac{1}{2} \text{খ গ সাইন্ ক}$$

(৩) দুইটি বাহু ও অন্তর্গত কোণ দেওয়া থাকিলে তৃতীয় বাহু নির্ণয় করিতে এই সূত্রের সাহায্য লইতে হইবে :—

$$g^2 = k^2 + x^2 - 2 \text{ ক খ কস্ গ}$$

(৪) তিনটি কোণ ও একটি বাহু দেওয়া থাকিলে ত্রিভুজটি মীমাংসা (solve) করিতে এই সূত্রের সাহায্য লইতে হইবে :—

$$\frac{k}{\text{সাইন্ ক}} = \frac{x}{\text{সাইন্ খ}} = \frac{g}{\text{সাইন্ গ}}$$

(৫) তিনটি ঘাছ দেওয়া থাকিলে, কোণ সমুদয় গণনা করিতে নিম্ন-

লিখিত সূত্রগুলির সাহায্য লইতে হইবে :—

$$\text{টেন্সর } k = \frac{\sqrt{(s-x)(s-g)}}{\sqrt{p(s-k)}}$$

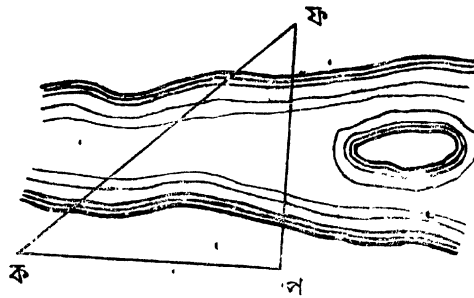
$$\text{টেন্সর } 2 = \frac{\sqrt{(s-g)(s-k)}}{\sqrt{s(s-x)'}}$$

$$\text{টেন্স } g = \frac{\sqrt{(s-k)(s-x)}}{\sqrt{s(s-g)}}$$

বিবিধ উদাহরণ ।

একটা নদীর উভয় তীরবর্তী দুই বিন্দুর দূরত্ব নির্ণয় করিতে হইবে। নদীর

উপর দিয়া শিকল দ্বারা মাপ করা যায় না।



४१ चित्र ।

মানে কর. প এবং ফ এইরূপ দুই বিন্দু (৪৭ম চিত্র)। উহাদের মধ্য-
বর্তী দরত্ব নিরূপণ করিতে হইবে।

পক্ষ এর সহিত সমাকোণে কপ রেখা পাত কর। ইহা শিকল দ্বারা না করিয়া ডায়াল (dial) কিশ্বা থিয়েডোলাইট দ্বারা করিলে কার্য্য নিৰ্ভুল হইবে।

ক এ যন্ত্রটি স্থাপন কর. এবং পক্ষ কোণ মাপ। কপ দূরত্ব শিকল দ্বারা মাপ কর।

$$\text{যেহেতু } \frac{\text{পফ}}{\text{কপ}} = \text{টেন্ ক}$$

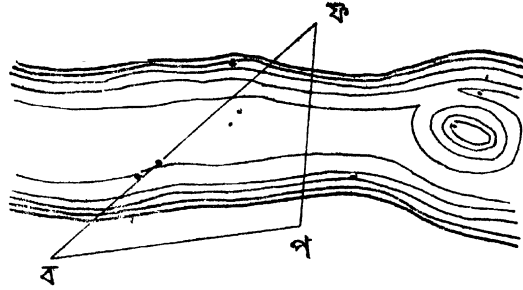
$$\therefore \text{পক্ষ} = \text{কপ} \times \text{টেন্স ক}$$

কিন্তু কপ জানা আছে ।

শ্রুতগ্ৰন্থ তালিকা হইতে ক কোণের টেন্ বাহির করিলেই পক্ষ গণনা করা যাইবে।

উপায়ান্তর ৭।

যদি পূ. বিন্দু হইতে পক্ষ এর সহিত সমকোণে ভূমিতে রেখা পাত করা অসম্ভব হয়, তাহা হইলে ষড়্ভুজের সাহায্যে যে কোন কোণ, যথা ফপব কর, এবং উহার একটী বাহু হইতে একটী সুবিধামত অংশ পব লইয়া উহাকে মাপ কর। মাপ যেন নিভুল হয়। ৪৮ম চিত্র দেখ।



৪৮ চিত্র।

পবক্ষ কোণসী মাপ।

অতএব ৬৩ পৃষ্ঠায় ৪ সূত্রানুসারে আমরা দেখিতে পাই,

$$\frac{\text{প}}{\text{সাইন্ প}} = \frac{\text{ফ}}{\text{সাইন্ ফ}} = \frac{\text{ব}}{\text{সাইন্ ব}}$$

$$\text{সূত্রানুঃ} \quad \frac{\text{পক্ষ}}{\text{সাইন্ ব}} = \frac{\text{পব}}{\text{সাইন্ ফ}}$$

$$\therefore \text{পক্ষ} = \frac{\text{পব} \times \text{সাইন্ ব}}{\text{সাইন্ ফ}}$$

$$= \frac{\text{পব} \times \text{সাইন্ ব}}{\text{সাইন্ (১৮০° - প - ব)}}$$

অতএব পক্ষ নিরূপণ করা যাষ্টতে পারে।

ধনুকের দৈর্ঘ্য দেওয়া আছে। উহা বৃত্তের কেন্দ্রে যে কোণ উৎপন্ন করে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে।

রূ. বৃত্তের ব্যাসার্ধ (৪৯ম চিত্র). এবং পূ. কথ ধনুকের দৈর্ঘ্য।

রূ. এর সমান করিয়া কণ ধনুঃ মাপ কর।

অতএব কবগ = এক সমত্রিভূজাকোণ ।

সুতরাং

$$\frac{\text{কথ ধনুঃ}}{\text{কগ ধনুঃ}} = \frac{\text{কবথ কোণ}}{\text{কবগ কোণ}}$$

এবং এক সমত্রিভূজাকোণে $৫৭\frac{১}{৩}$ ধরিলে

$$\frac{\text{ধ}}{\text{র}} = \frac{\text{কবথ কোণ}}{৫৭\frac{১}{৩}}$$

$$\therefore \text{কবথ কোণ} = ৫৭\frac{১}{৩} \times \frac{\text{ধ}}{\text{র}}$$

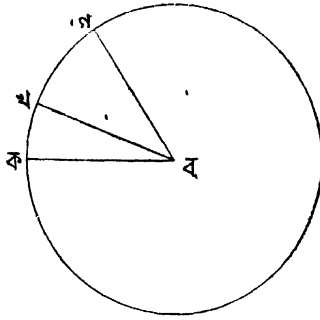
যদি সৃষ্টিগণনা আবশ্যক হয়, তবে

$$\frac{\text{ধ}}{\text{র}} = \frac{\text{কবথ কোণ}}{১৮০^\circ}$$

\therefore কবগ কোণ (ডিগ্রিতে)

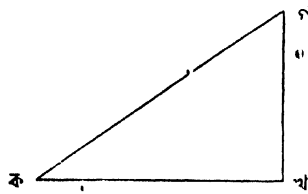
$$= \frac{\text{ধ}}{\text{র}} \times \frac{১৮০^\circ}{\pi}$$

$$= \text{প্রায় } \frac{\text{ধ} \times ১৮০^\circ}{\text{র} \times ৩.১৪১৫৯}$$



৪৯ চিত্র ।

চৌরস ভূমিতে অবস্থিত একটি স্তম্ভের উচ্চতা নির্ণয় করিতে হইবে ।



৫০ চিত্র ।

খগ একটি স্তম্ভ (৫০ম চিত্র দেখ)।

স্তম্ভের পাদদেশ হইতে সুবিধামত

কথ দৈর্ঘ্য মাপ কর ।

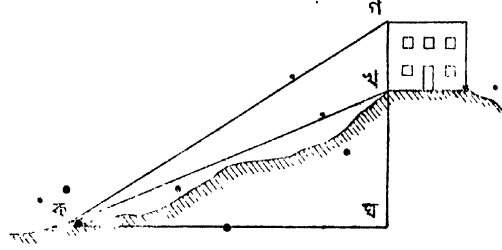
খকগ উর্দ্ধাধঃ কোণ (vertical angle) মাপ ।

$$\text{অতএব টেন্ খকগ} = \frac{\text{খগ}}{\text{কথ}}$$

\therefore খগ = কথ টেন্ খকগ

সুতরাং খগ পাওয়া যাইবে ।

একটি গৃহ চৌরস ভূমিতে অবস্থিত নহে। উহার উচ্চতা স্থির করিতে
হইবে।



৫১ চিত্র।

৫১ম চিত্রে, খগ একটি গৃহের দুই পার্শ্বের সংযোগ রেখা (angle)। এই
রেখা সহজে মাপা যাইতে পারে।

• একটি ক বিন্দু মনোনীত কর। উহা হইতে যেন গ এবং খ দেখা যায়।

ক্ষতিজ্ঞতলগত রেখা কখ টান। গখ বন্ধিত করিলে কঘ এর সহিত
সমকোণে হইবে।

কখ মাপ কর (শিকল দ্বারা ধাপে ধাপে মাপিয়া)।

ঘকখ এবং ঘকগ উদ্ধাধঃ কোণ দুইটি মাপ।

এখন আমরা জানি,

$$\frac{\text{ঘগ}}{\text{কঘ}} = \text{টেন্ ঘকগ}$$

$$\text{এবং } \frac{\text{খঘ}}{\text{কঘ}} = \text{টেন্ ঘকখ}$$

অতএব বিয়োগ করিয়া,

$$\frac{\text{ঘগ} - \text{খঘ}}{\text{কঘ}} = \text{টেন্ ঘকগ} - \text{টেন্ ঘকখ}$$

$$\therefore \frac{\text{গখ}}{\text{কঘ}} = \text{টেন্ ঘকগ} - \text{টেন্ ঘকখ}$$

কিন্তু ব-ঘ জানা আছে। কারণ উহা ধাপে ধাপে মাপা হইয়াছে। অত-
এব তালিকা হইতে ঘকগ এবং ঘকখ কোণের টেন্ বাহির কুরিলেই খগ
নির্ণীত হইবে।

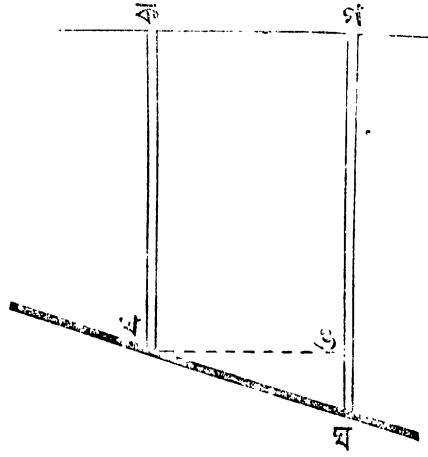
একটি চানককে ৫৪০ ফুট গভীর করায় কয়লাস্তর পাওয়া গিয়াছে।
 স্তরের নতি ১২° । প্রথম চানকের ১৮০ ফুট দক্ষিণে একটি দ্বিতীয় চানক
 খান করা হইয়াছে। উহা কত ফুট গভীর করিলে কয়লাস্তরটি পাওয়া যাইবে।

কথ প্রথম চানক (৫১ম চিত্র), এবং খঘ স্তর।

গঘ দ্বিতীয় চানক। উহা স্তরের সহিত ঘ বিন্দুতে মিলিয়াছে।

গঘ এর উপর খঙ লম্বপাত কর।

অতএব উখঘ = ১১° , এবং খঙ ১৮০ ফুট।



৫২ চিত্র।

$$\text{এখন } \frac{\text{উঘ}}{\text{উখ}} = \text{টেন } ১২^\circ।$$

$$\therefore \frac{\text{উঘ}}{১৮০} = .১১২৬$$

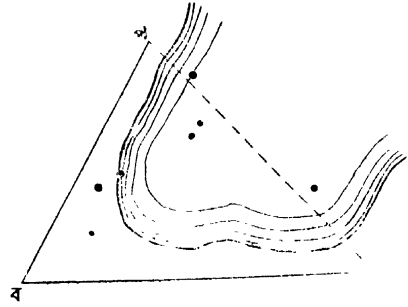
$$\therefore \text{উঘ} = ১৮০ \times .১১২৬ = ৩৮.৭৭ \text{ ফুট}$$

$$\therefore \text{দ্বিতীয় চানকের গভীরতা}$$

$$= ৫৪০ + ৩৮.৭৭ \text{ ফুট}$$

$$= ৫৭৮ \text{ ফুট } ৯ \text{ ইঞ্চি।}$$

এক জরিপকারী একটি বিস্তৃত হ্রদের উত্তর তীরবর্তী প ও ফ দুই বিন্দুর দূরত্ব নির্ধারণ করিতে ইচ্ছুক। তিনি সুবিধামত স্থানে একটি ব বিন্দু মনোনীত করিলেন। ঐ বিন্দু হইতে প ও ফ এ সহজে যাওয়া যায়। তিনি দেখিলেন পব = ৭৯৫ ফুট, ফব = ১০৪২ ফুট এবং পবফ কোণ = ৫৪°। প হইতে ফ এর দূরত্ব কত ?



৫৩ চিত্র।

৫৩ম চিত্র দেখ। ৫৩ পৃষ্ঠার তৃতীয় সূত্র ব্যবহার করিলে আমরা দেখিতে পাই,

$$\begin{aligned} \text{পফ}^2 &= \text{পব}^2 + \text{বফ}^2 - ১ \text{ পব} \times \text{বফ} \cos \text{কস্ ব} \\ &= ৭৯৫^2 + ১০৪২^2 - ১৬৫৬৭৮০ \cos ৫৪^\circ \\ &= ১৭১৭৭৮৯ - ১৬৫৬৭৮০ \times .৫৮৭৮ \\ &= ৭৭৩৯৮৩.৭ \end{aligned}$$

∴ পফ = ৮৭২.৫ ফুট।

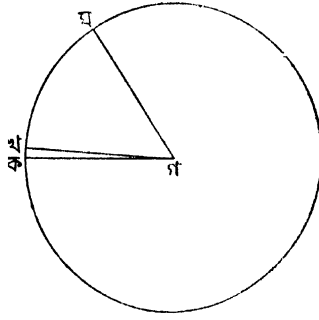
কোন এক জরিপকারী ভূমিতে একটি রেখা পাতি করিবার জন্য যাত্র ১৭৪' ১৫' মিনিটের পরিবর্তে দৈর্ঘ্য ১৭৪' ৪৫' বাধিয়াছেন। পাতিত রেখা ৪২০ ফুট লম্বা। রেখাপ্রাপ্ত কতটা পার্শ্ব সরিয়া গিয়াছে ?

গ বিন্দুতে যন্ত্রটি বসান হইয়াছে, (৫৮ম চিত্র দেখ) এবং মনে কর, গক ঠিক এবং গখ ভুলক্রমে পাতিত রেখা।

অতএব খগক কোণ = ৩০°।

গকে কেন্দ্র করিয়া, গক দূরত্ব লইয়া, একটি বৃত্ত অঙ্কিত কর। •গক ৪২০ ফুট।

খগক কোণ অত্যন্ত ক্ষুদ্র বলিয়া খক ধনুকে প্রায় খক সরল রেখার সমান ধরা যাউতে পারে ; এবং খ বিন্দু ঐ পরিমাণ পার্শ্বে সরিয়া গিয়াছে।



৫৪ চিত্র।

বাসির্দেহের সমান করিয়া একটা কখ

ধনু লও।

অতএব $\frac{\text{খক ধনু}}{\text{ঘক ধনু}} = \frac{\text{কগখ কোণ}}{\text{ঘগক কোণ}}$

$$\therefore \frac{\text{কখ ধনু}}{৪২^{\circ}} = \frac{০^{\circ} ৩০'}{৫৭^{\circ}}$$

$$\therefore \text{কখ} = ১১ \times ৪২^{\circ} \times \frac{৩০}{৬০} \times \frac{১}{১৭২} \text{ ইঞ্চি}$$

$$\therefore \text{ভুল} = ৪৪ \text{ ইঞ্চি।}$$

একটা ত্রিভুজের বাহু সমূহ ক্রমান্বয়ে ১৫৪, ১৪০ এবং ১১৪ ফুট। উহার

কোণগুলি নির্ণয় কর।

মনে কর, $\text{ক} = ১৫৪$ ফুট।

$\text{খ} = ১৪০$ ফুট।

$\text{গ} = ১১৪$ ফুট।

$$\text{অতএব } \text{স} = \frac{\text{ক} + \text{খ} + \text{গ}}{২} = ১৫৯$$

সুতরাং যদি ত্রিভুজের কোণগুলিকে ক, খ এবং গ বলা হয়, তাহা হইলে
৫৪ পৃষ্ঠার পঞ্চম সূত্রানুসারে :—

$$\begin{aligned} \text{টেন্সর } \frac{\text{ক}}{২} &= \frac{\sqrt{(\text{স}-\text{খ})(\text{স}-\text{গ})}}{\sqrt{\text{স}(\text{স}-\text{ক})}} \\ &= \frac{\sqrt{১১৯ \times ৩৫}}{\sqrt{২৫৯ \times ১০৫}} \\ &= .৩৯১৪৮ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{টেন্সর } \frac{\text{খ}}{২} &= \frac{\sqrt{(\text{স}-\text{গ})(\text{স}-\text{ক})}}{\sqrt{\text{স}(\text{স}-\text{খ})}} \\ &= \frac{\sqrt{৩৫ \times ১০৫}}{\sqrt{২৫৯ \times ১১৯}} \\ &= .৩৪৫৩০২ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{টেন গ} &= \frac{\sqrt{(\text{স-ক})(\text{স-খ})}}{\sqrt{\text{স}(\text{স-গ})}} \\ &= \frac{\sqrt{১০৫ \times ১১৯}}{\sqrt{২৫৯ \times ৩৫}} \\ &= ১.১৭৪০৪৪ \end{aligned}$$

এখন তালিকা হইতে পাওয়া যায় —

$$\frac{\text{ক}}{২} = ২৩' ১১' ৪৭''$$

$$\frac{\text{খ}}{২} = ১২' ০১' ৫৯''$$

$$\frac{\text{গ}}{১} = ৪৯' ৩৫' ৩৮''$$

$$\text{ক} = ৪৬' ৪৫' ৩৪''$$

$$\text{খ} = ৩৮' ০৫' ৫৮''$$

$$\text{গ} = ৯৯' ০৯' ১৬''$$

এইগুলি যোগ করিলে ঠিক ১৮০ হওয়া উচিত ; কিন্তু এখানে উহাদের যোগফল ১৮০° ০০' ৪৮'' ; অতএব এক মিনিট অপেক্ষা কম ভুল হইয়াছে।

জৈনিক জরিপকারী ১৭৫৬ ফুট লম্বা একটা কথ ভূমিরেখা মাপিয়াছেন।

উহার প্রত্যেক প্রান্ত হইতে তিনি একটা দৃষ্টান্ত গ বিন্দু দেখিলেন, এবং কথগ কোণ ৬১° ৪৯' ও খকগ কোণ ৭১° ২১' মাপিলেন। কগ এবং খগ রেখা কত লম্বা নির্ণয় কর।

$$\text{খকগ কোণ} = ১৮০ - (\text{ক} + \text{খ}) = ৭১' ৪৯'$$

$$\text{মনে কর. কখ} = \text{গ}$$

$$\text{খগ} = \text{ক}$$

$$\text{এবং গক} = \text{খ}$$

অতএব (৫৩ পৃষ্ঠায় চতুর্থ সূত্র দেখ)

$$\frac{\text{ক}}{\text{সাইন্ ক}} = \frac{\text{খ}}{\text{সাইন্ খ}} = \frac{\text{গ}}{\text{সাইন্ গ}}$$

$$\therefore \frac{\text{ক}}{\text{সাইন্ } ৭১' ২১'} = \frac{\text{খ}}{\text{সাইন্ } ৬১' ৪৯'} = \frac{\text{গ}}{\text{সাইন্ } ৭০' ৪৯'}$$

$$\therefore \frac{\text{ক}}{৩৪৭৫৮} = \frac{\text{খ}}{৯১১১৪} = \frac{\text{গ}}{৬৭৯৬৫}$$

$$\therefore \text{ক} = \frac{১৭৫৬ \times ২৪৭৫৮}{৬৭২৬৫}$$

$$\text{এবং খ} = \frac{১৭৫৬ \times ২১১২৪}{৬৭২৬৫}$$

$$\therefore \text{খগ} = ১৪৪৮ \text{ ফুট}$$

$$\text{এবং কগ} = ২৩৫৭ \text{ ফুট}$$

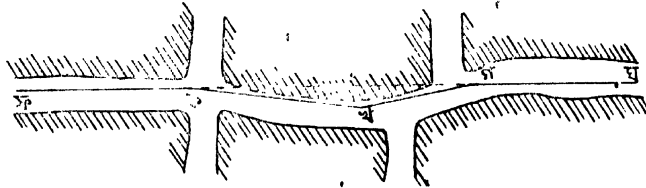
ছাত্রদের এই সম্পাদা কিম্বা এই ধরনের সম্পাদা সুবিধামত মানানুসারে অঙ্কিত করতঃ ফল বাহির করিয়া তাহার সহিত গণিত ফলের তুলনা করা উচিত।

একটী প্রস্তাবিত হলেজ রাস্তার কেন্দ্রে রেখা জরিপ করিবার সময় জরিপকারী বাধা বশতঃ মূল রেখা বন্ধিত না করিয়া ১৮° ২৪' কোণে রেখা পাত করিতে বাধ্য হন। এই নতুন দিকে রেখা ১৭৫ ফুট পর্য্যন্ত যায়। তৎপরে তিনি অন্য দিকে ১১০ ফুট যাওয়া মূল রেখায় পৌছিবার সুবিধা দেখিতে পান। কত কোণে যন্ত্র বাঁধিলে তিনি ঐরূপ করিতে পারিবেন, এবং পুনরায় কত কোণে ঘুরিলে তিনি মূল রেখার দিকে চলিতে পারিবেন?

৫৫ম চিত্রে কগ মূল রেখা, এবং কখ বাধা বশতঃ পরিবর্তিত রেখা।

অতএব ককখ কোণ = ০° ১৪'

এবং কখ = ১৭৫ ফুট।



৫৫ চিত্র।

মনে কর, খগ রেখা ১১০ ফুট লম্বা, এবং উহা খ হইতে আরম্ভ করিয়া মূল রেখায় গ বিন্দুতে মিলিয়াছে। অতএব চিত্রে কগখ একটী সরল রেখা হইয়াছে।

জরিপকারীকে কখগ এবং খগঘ কোণ নিরূপণ করিতে হইবে।

যেহেতু কখ ১৭৫ ফুট লম্বা,

এবং খকগ কোণ = ১৪' মিনিট।

অতএব কগ হইতে খ দূরতঃ প্রায়

$$\frac{১৭৫ \times ২৪ \times ৩}{৬০ \times ১৭২} \text{ ফুট।}$$

কিম্বা ১৪' ৭ ইঞ্চি পার্শ্ব সরিয়া গিয়াছে।

পুনঃ যদি কগখ কোণ শ হয়.

তাহা হুইলে খ ইঞ্চি হিসাবে

$$\frac{১২০ \times \text{শ} \times ৩ \times ১২}{৬০ \times ১৭২} \text{ পার্শ্বে সরিয়া গিয়াছে.}$$

$$\therefore ১৪' ৭'' = \frac{১১০ \times \text{শ} \times ৩ \times ১২}{৬০ \times ১৭২}$$

$$\therefore \text{শ} = \frac{১৭২ \times ১৪' ৭''}{২ \times ৩ \times ১২}$$

$$= ৩৫' \text{ মিনিট।}$$

$$\text{অতএব কখগ কোণ} = ১৮০^\circ - (১৪' + ৩৫')$$

$$\text{কিন্মা } ১৭২' ০১'$$

$$\begin{aligned} \text{এবং খগঘ কোণ} &= ১৮০^\circ + ৩৫' \\ &= ১৮০^\circ ৩৫'। \end{aligned}$$

তৃতীয় অধ্যায়ের প্রশ্নমালা ।

১। (ক) $১৪১^{\circ} ১৩' ৪৯''$ কে ঘেড় ইত্যাদিতে পরিবর্তিত কর।

(খ) $৬৫^{\circ} ৮৯' ১৩''$ কে ডিগ্রি ইত্যাদিতে পরিবর্তিত কর।

(গ) $৬১^{\circ} ১৫' ০০''$ কে চাপীয় মানে পরিবর্তিত কর।

উত্তর :— (ক) $১৫৮^{\circ} ১১' ৮৮''$

(খ) $৫৯^{\circ} ১৮' ১১''$

(গ) $১^{\circ} ০৮' ৬৪''$ সমদ্বিজ্যাকোণ।

২। এক জরিপকারী একটা কণ্ঠ দ্বিভুজ ক্ষেত্রেব তিনটা বাহু, যথা কণ্ঠ= ৫৭ ফুট, খণ্ঠ= ৩৭ ফুট এবং কণ্ঠ= ৮৫ ফুট মাপিয়াছেন। কণ্ঠ এবং কণ্ঠ যথাযথ মাপ সহজ, কিন্তু খণ্ঠ বন্ধুর জায়গায় অবস্থিত। কণ্ঠ কোণ মাপ করিয়া $৩৭^{\circ} ৪৫'$ পাওয়া গিয়াছে। খণ্ঠ এর মাপ ঠিক কি না?

উত্তর :— না। ইহা ১ ফুট ৭ ইঞ্চি অধিক।

৩। কণ্ঠ একটা দ্বিভুজ। কণ্ঠ এবং কণ্ঠ বাহু যথাক্রমে ১৭০ এবং ১৫৩ ফুট। কণ্ঠ কোণ $৪৯^{\circ} ১৮'$ এবং কণ্ঠ সমকোণ। কণ্ঠ কোণ এবং খণ্ঠ বাহু নির্ণয় কর।

উত্তর :— $৫৭^{\circ} ২৩'$ । ১৯৩ ফুট।

৪। এক জরিপকারী নদীর মধ্যে অবস্থিত একটা দ্বীপে একটা প খুঁটা এবং অপব তীরস্থিত একটা ফ খুঁটার ব্যবধান নির্ণয় করিতে ইচ্ছা করেন। তিনি প এবং খ খুঁট এক রেখায় একটা ঘ বিন্দু লইলেন, এবং উহাব সম্বন্ধিত সমকোণে ঘক রেখা পাত করিলেন। ঘক ২৫০ ফুট লম্বা। ঘকপ এবং ঘকক কোণ যথাক্রমে $৩৪^{\circ} ১১'$ এবং $৫১^{\circ} ০৬'$ । প হইতে ফ এর দূরত্ব কত?

উত্তর :— ১৪০ ফুট।

৫। একটা স্তরের নতি ঠিক দক্ষিণ দিকে ৮ এ ১। উত্তর-পশ্চিমে চালিত একটা স্তরের প্রবণতা কত হইবে?

উত্তর :— $১১^{\circ} ৩$ এ ১।

৬। নিম্নলিখিত জরিপটীক নক্সা কর, এবং ঘক এর মাপ এবং বিয়ারিং অর্থাৎ মধ্যরেখার সহিত অবনতি (bearing) মানানুসারে মাপিয়া এবং হিসাব করিয়া এই উভয় প্রকারেই নিরূপণ কর।

কণ্ঠ	এস ১১° ডব্লিউ	৪১০ ফুট,
খণ্ঠ	এস ৮৯° ডব্লিউ	৩৪৩ ফুট,
ঘ	এন্ ৫° ই	৩৫০ ফুট।

উত্তর :— $৩৯৮^{\frac{১}{২}}$ ফুট। এন্ $৯^{\circ} ৫৪'$ ই।

৭। এক জরিপকারী খনির ভিতরে একটা বেথাকে বন্ধিত করিতে না পারিয়া উহাকে $১৮১'' ০৬'$ কোণে পাতিত করেন। যে স্থান হইতে রেখার দিক পরিবর্তন হইয়াছে তথা হইতে ঐ রেখায় ১২৯ ফুট দূরে যাইলে তিনি মূল বেথা হইতে কত পরিমাণে পাশ্বে সরিয়া যাইবেন।

উত্তরঃ— ২ ফুট ৫.৭ ইঞ্চি।

৮। একটা কয়লাস্তম্ভের নতি ১৫° এবং এন্স $১৫''$ ই দিকে। স্তম্ভে এন্স ৮৭° ই দিকে চালিত একটা সূঁদের প্রবণতা কত?

উত্তরঃ— $৪১^\circ ১৪'$ কিম্বা ১৪ এ ১ ।

৯। একটা চিম্নির উপর হইতে ক এবং খ দুইটা খুঁটাব অবনতান্শ (angle of depression) ক্রমান্বয়ে ২৭° এবং ৪৩° মাপা হইয়াছে। ক এবং খ চিম্নির পাদদেশের সহিত এক রেখায় এবং এক সমতলে অবস্থিত। ক এবং খ এর মধ্যবর্তী দূরত্ব ১৫০ ফুট চিম্নির উচ্চতা কত?

উত্তরঃ— $১৮৬ \frac{১}{২}$ ফুট।

চতুর্থ অধ্যায় ।

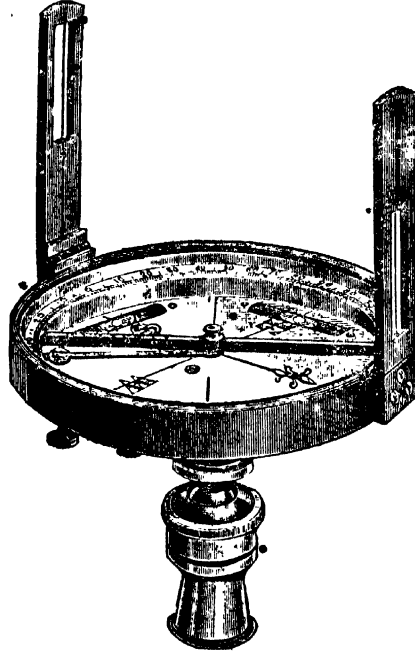
জরিপ এবং নক্সা করিবার যন্ত্র ।

... (Surveying and Drawing Instruments).

জরিপ করিবার যন্ত্রে প্রায়শঃ চুম্বকশলাকা ব্যবহৃত হয় । শলাকা ইম্পাতের পাটি (bar) হইতে নিষ্পত্ত । পাটির প্রান্তদ্বয়কে চুম্বকশলাকা সূচের ন্যায় ক্রমশঃ সরু কিস্বা বাটালির অগ্রভাগের মত ধারযুক্ত করা হয়, এবং মধ্যস্থলে একটা এ্যাগেট (agate) প্রস্থার নিধানস্থান (bearing) সংযুক্ত থাকে । নিধানস্থান থাকাতে শলাকা কঠিন ইম্পাত নিষ্পত্ত বিবর্তন কৌলকের (pivot) উপর অবলীলাক্রমে ঘুরিতে পারে । চুম্বকশক্তি অপণ করিয়া সমতুল (balance) করিলে উহা ক্ষতিজ-তলে ঘুরিয়া ফিরিয়া স্থূলতঃ উত্তর দক্ষিণে যে নির্দিষ্টদিকে স্থির হইবে তাহাকে চৌম্বক মধ্যরেখা (magnetic meridian) বলে । এই মধ্যরেখা পঞ্চম অধ্যায়ে বিস্তারিতরূপে আলোচিত হইবে । আপাততঃ ইহা জানিলেই যথেষ্ট হইবে যে, এই রেখা একেবারে স্থির নহে ; উহা অল্পে অল্পে পরিবর্তনশীল । তথাপি ইহা অত্যন্ত প্রয়োজনীয় । কারণ ইহাকে ভূমিরেখা করিয়া ইহার সহিত যে কোন রেখা কত কোণ জাত করে তাহা সহজেই নিরূপিত হইতে পারে । শলাকা চৌম্বক মধ্যরেখায় ক্ষতিজতলের সহিত সমান্তর থাাকে না । পরন্তু উহা সর্বদা ঐ তলের সহিত কিছু অবনত । চুম্বকশক্তিহীন একটা শলাকা কৌলকের উপরে রাখা । উহা যেন উল্লম্ব তলে ঘুরিতে পারে । তৎপরে চুম্বক-শক্তি প্রদান করিয়া পুনঃ কৌলকের উপর স্থাপন কর । এখন উহা চৌম্বক মধ্যরেখায় ঐ তলে ঘুরিবে, এবং স্থির হইলে ক্ষতিজতলের সহিত একটা নির্দিষ্ট কোণ করিবে । ঐ কোণকে স্থানীয় “চৌম্বক অবনতি” (magnetic dip) আখ্যা দেওয়া হয় । অবনতির পরিমাণ স্থানভেদে বিভিন্ন । তন্নিমিত্ত শলাকাকে একস্থানে ক্ষতিজতলে ঘুরিবার জন্য সমতুল করিয়া স্থানান্তরিত করিলে উহা ঐ তলে থাকিবে না । অতএব অভীষ্ট স্থানে সমতুল করিতে সর্বদাই উহাতে একটা ভার সংযুক্ত থাকে । লৌহ কিস্বা ইম্পাত নিকটে আনয়ন করিলে চৌম্বকাকর্ষণ দ্বারা শলাকা যে স্থানে স্থির থাকে সেই স্থান হইতে সরিয়া যাইবে । অতএব ঐ ধাতুর সান্নিধ্যে চুম্বকশলাকাযুক্ত যন্ত্র দ্বারা কোণের পরিমাণ নির্ভুল হয় না । কাজেই, জরিপকারী ছরি, চাবিকাটি ইত্যাদি লৌহের দ্রব্য সংঙ্গে রাখিতে পারিবেন না । তাঁহার বাতি সম্পূর্ণরূপে পিতল কিস্বা এমালুমিনিয়ামের এবং উহার জালি (gauze) তাগের হইবে । তিনি যেন লৌহবস্তুর (rails) এবং লৌহ নিষ্পত্ত নলের সন্নিগড়ে যন্ত্র বসাইয়া কোন দ্রব্য চৌম্বক মধ্যরেখার সহিত কত কোণ করে তাহা, শলাকা

আলুগা করিয়া যন্ত্রযোগে পাঠ না লন, অর্থাৎ মাপ না করেন। শলাকা আলুগা করিয়া পাঠ লওয়াকে মুক্তশলাকাপাঠ (loose needle reading) বলে। বহু জরিপকারীর মত, যন্ত্র লোহবস্তু ও লৌহ নিষ্মিত নলের নিকট হইতে ৬ গজ দূরে রাখিলেই যথেষ্ট।

ইস্পাতের পাটির প্রান্তদ্বয় বাটালির অগ্রের মত হইলে শলাকায় চুম্বকশক্তি অধিক দিন স্থায়ী হয় না। অগ্রভাগ স্থূল হইলে ঐ শক্তি বহুকাল থাকে, কিন্তু উহাতে পাঠ লওয়া অসুবিধাজনক। স্থূলপ্রান্ত শলাকায় পিতলের কাঁটা লাগাইলে পাঠ স্পষ্ট হইবে, এবং চুম্বকশক্তিও শীঘ্র হ্রাস হইবে না। জনৈক যন্ত্র নিষ্মাতা গোল শলাকা ব্যবহার করিতেছেন। তিনি বলেন, উহা অল্পেই অভিভূত হয় (sensitive), অর্থাৎ উহা ক্ষুদ্র লৌহ দ্বারা শীঘ্র আকৃষ্ট হয়; এবং গোল শলাকায় অন্যান্য আকারের শলাকা অপেক্ষা চুম্বকশক্তি বহুকাল থাকে।

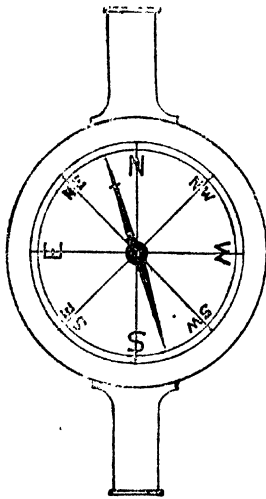


৬৬ চিত্র—পনিব ডায়াল।

চুম্বকশলাকার এই একদিকবৃত্তিতা খনির কম্পাস নামক যন্ত্র কাজে লাগান হয়। ঐ যন্ত্র জরিপকারী ব্যবহার করেন। ৫৬ম চিত্রে পনিব কম্পাস বা ডায়াল (miner's dial) এরূপ যন্ত্র প্রদর্শিত হইল। ইহাতে প্রধানতঃ একটি বিভক্ত বৃত্ত (graduated ring) আছে। বৃত্তটি কাচের ঢাকনা দ্বারা সুরক্ষিত পিতলের আধারে থাকে। একটি চুম্বকশলাকা ঐ

বৃত্তের সমকেন্দ্রে ঘুরে। শলাকার দৈর্ঘ্য আবশ্যাকায়্যায়ী হইবে। যন্ত্রে দৃষ্টিফলক (sight vane) থাকে : উহার দৃষ্টিরেখা (line of sight) যন্ত্রের কেন্দ্রে এবং বিভক্ত বৃত্তের এন্ (n) ও এন্স (s) অক্ষের দিয়া গমন করে। দুইটি দৃষ্টিফলক যথাক্রমে যন্ত্রের এন্ এবং এন্স বিন্দুতে নিবদ্ধ। যন্ত্র ব্যবহার করিবার সময় উহা-দিগকে খাড়া করা হয়, এবং বায়ু বন্ধ করিতে হইলে ঢাকনির উপর ভাঁজ করিয়া রাখা যাউতে পারে। একটা ফলকের সরু আয়তাকার লম্বা ছিদ্রের (slit) মধ্য দিয়া অন্যটির বালামুচী লক্ষ্য করিলে দৃষ্টিরেখা পাওয়া যায়। কম্পাসকে উহার অক্ষের (axis) উপর ঘুরাইয়া দর্শনীয় বিন্দুকে বালামুচী দ্বারা কটন (intersect) করা হয়। যন্ত্রকে সূক্ষ্মভাবে জলসম (level) করিবার জন্য ডায়ালে বুদ্ধযুক্ত কাচের নল (bubble tube) থাকে। ইম্পাতের কৌলক যাহাতে শীঘ্র ক্ষয়প্রাপ্ত না হয়, কিম্বা যন্ত্র স্থানান্তরিত করিবার সময় ভাঙ্গিয়া না যায়, তন্নিমিত্ত শলাকাকে কৌলক হইতে উঠাইয়া কাস্টর ঢাকনায় চাপিয়া রাখিবার জন্য একটা কৌশল অবলম্বিত হইয়াছে।

ডায়াল চারি বৃত্তপাদে বিভক্ত, প্রত্যেকটি ৯০°। পাদের শেষে ক্রমান্বয়ে এন্, ই, এন্স এবং ডব্লিউ এই চারি অক্ষের খোদিত আছে। প্রত্যেক বৃত্তপাদ ৯০ ডিগ্রিতে বিভক্ত। এন্ এবং এন্স কে ০ ধরা হয়, এবং ১০, ১০০, ৩০ ইত্যাদি অঙ্কগুলি এন্ ও এন্স এর দক্ষিণে ও বামে লিখিয়া ই ও ডব্লিউয়ে ৯০ লিখিত হয়।



৫৭ চিত্র।

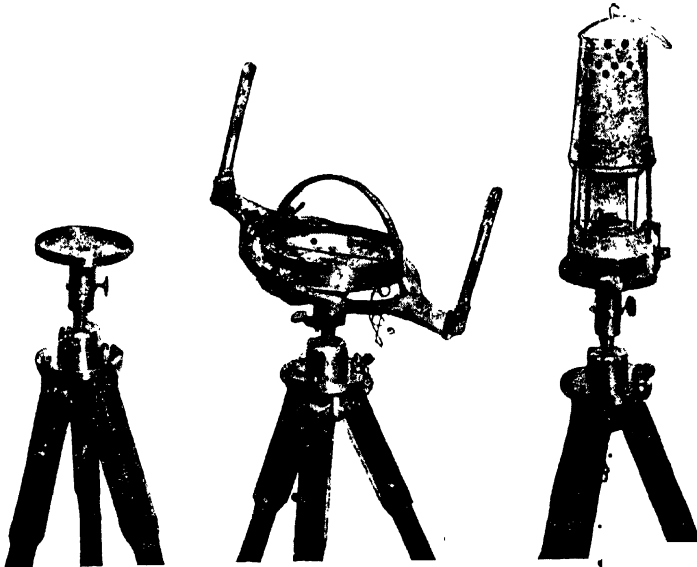
এইরূপে পাদে ডিগ্রি সূচক অঙ্কগুলি লিখিত হইয়া থাকে। ঐ সর্কল বৃত্তপাদ উল্লেখ করিয়া যে কোন দিক নির্দিষ্ট হয়; যথা এন্ ৪০° ডব্লিউ, এন্স ৮৫° ই ইত্যাদি।

যন্ত্রে বিয়ারিং (bearing) লইতে হইলে, অর্থাৎ দুই বিন্দুর সংযোগে যে রেখা হয় তাহা চৌম্বক মধ্যরেখার সহিত কত কোণ করিয়াছে নির্ণয় করিতে হইলে, ডায়ালকে এক বিন্দুতে বসাইয়া যন্ত্রের এন্স এন্ দিকে অনাকে দেখিতে হইবে। শলাকা ঘুরিয়া ফিরিয়া একস্থানে স্থির হইবে। তৎপরে শলাকার উত্তর মুখ যে স্থানে স্থির হইল তাহা পরীক্ষা করিতে হইবে। ঐ প্রাপ্ত বিভক্ত বৃত্তের যে অক্ষের সহিত মিলিত হইয়াছে তাহাকে পাঠ করিলে রেখার

বিয়ারিং পাওয়া যাইবে। ৫৭ম চিত্রে দেখা যায়, জরিপকারী ডায়ালের এন্স এন্ রেখায় দেখিতেছেন, কিন্তু যথার্থ তিন উত্তর এবং পূর্বের মধ্যে কোন

একদিকে নিরীক্ষণ করিতেছেন। শলাকা-সর্বদা চৌম্বক উত্তরে (magnetic north) থাকে, অতএব উহা এন্ এর বামে স্থির হইয়াছে। সাবধানে পরীক্ষা করিলে দেখা যায়, শলাকা 2° বাম রহিয়াছে। ইহাতে স্পষ্ট প্রতীয়মান হইতেছে, যন্ত্রের দৃষ্টিরেখার দিকে পুস্তকে এন্ 2° ই লেখা আবশ্যক। উহাই যন্ত্রের পাঠ। অতএব শলাকার উত্তর প্রাপ্ত বিভক্ত বৃত্তের যে দাগের (line of division) সহিত মিলিয়াছে তাহাকে সঠিক পাঠ করিবার জন্য ডায়ালের ই এন্ এর 2° বামে লিখিত হয়। সাদৃশ্যতঃ ডব্লিউ এন্ এর 2° দক্ষিণে থাকে।

একটা রেখা উত্তর দিক হইতে দক্ষিণে ঘুরিবার সময় উত্তর রেখার সহিত যত কোণে অবস্থিত থাকিবে, কেবল তদনুসারে ডায়াল বিভক্ত হইতে পারে। যে কারণে ডায়ালের ই এন্ এর বামে থাকে, সেই হেতুই কোণসূচক অঙ্ক-গুলি বামদিকে লিখিত হয়; অতএব 1° এন্ এর বাম এবং 35° দক্ষিণে থাকে। সূত্রানুসারে 80° ই পাঠ 80° বলিয়া লিখিতে হইবে, এন্ 5° ডব্লিউ 35° এবং এন্ 81° ই 81° হইবে। এই প্রকার পাঠের নাম “চাপীয় বিয়ারিং”, এবং পূর্ববিধ পাঠের নাম “বৃত্তপাদ বিয়ারিং” (quadrant bearing)।



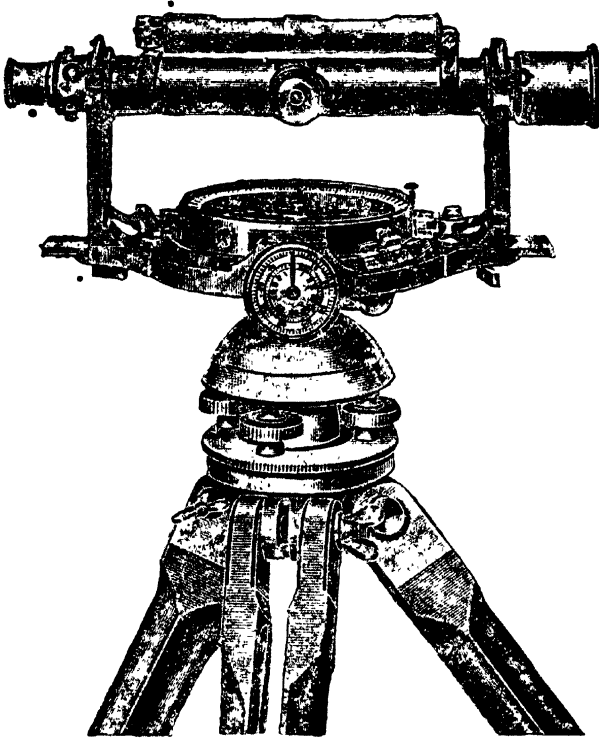
৫৮ চিত্র—অতিরিক্ত তেপালা।

যন্ত্রের তেপায়া বাতীত অতিরিক্ত তেপায়া মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপ (loose needle survey) এবং বদ্ধশলাকা দ্বারা জরিপ (fixed needle survey) এই উভয় কার্যেই তেপায়া উপকারিতা জরিপ তুল্যরূপে আবশ্যক। তেপায়ার উপকারিতা জরিপ শিক্ষা করিবার সময় সমাক ধারণা হইবে। তেপায়াতে কম্পাস আঁটা যায়, এবং উহাতে বাঁটা (cup) থাকিলে আঁধাবাতি বা নিরাপদবাতি (safety lamp) লাগান যাইতে পারে। ডায়ালের ন্যায় বাঁটাও তেপায়ায় স্ক্রু করা এবং খুলিয়া ফেলা যায়। জরিপ করিবার সময় এরূপ দুই তিনটি তেপায়া সঙ্গে লওয়া উচিত। কোন বিন্দুকে লক্ষ্য করিতে হইলে জরিপকারী ঐ বিন্দুর উপর একটী অতিরিক্ত তেপায়া বসাইবেন, এবং উহার বাঁটাতে নিরাপদবাতি রাখিয়া উহার আলোক যন্ত্র দ্বারা কণ্টন করিবেন। যন্ত্রের স্থান পরিবর্তন করিতে হইলে তিনি কেবলমাত্র উহাকে তেপায়া হইতে খুলিয়া অতিরিক্ত তেপায়াতে স্ক্রু করিয়া দিবেন। তৎপরে প্রথম তেপায়াটীতে অর্থাৎ যাহার উপর প্রথমে যন্ত্র বসান হইয়াছিল তাহাতে নিরাপদ বাতি বসাইয়া উহার আলোক কণ্টন * করিবেন। ৫৮ম চিত্র দেখ।

থিয়োডোলাইট দ্বারা কায্য সূক্ষ্মতম হয়। খনির ভিতরে যে কার্যে ঐ যন্ত্রের প্রয়োজন হয় না, অথচ কার্য কতকটা ঠিক হওয়া আবশ্যক, তথায় বদ্ধশলাকাযুক্ত কম্পাস ব্যবহৃত হয়। এবস্থিধ জরিপে চুম্বকশলাকার সর্বদা আবশ্যক হয় না; উহা সময়ে সময়ে কেবলমাত্র রেখার বিয়ারিং পরীক্ষা করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। অতএব উহাকে ক্ল্যাম্প (clamp) দ্বারা আবদ্ধ রাখিয়া সম্পূর্ণরূপে উপেক্ষা করা চলে। কিন্তু চুম্বকশলাকা থাকাতে, প্রয়োজন হইলে, যন্ত্র মুক্তশলাকাযুক্ত কম্পাস অথবা খনির ডায়ালরূপে ব্যবহৃত হইতে পারে। যে রেখার জরিপ হইয়া গিয়াছে, সেই পূর্ববর্তী রেখা ক ভূমিরেখা ধরিয়া পরবর্তী রেখার দিক নির্ণয় করাই বদ্ধশলাকা জরিপের মূলতত্ত্ব। এইরূপে পর পর কতকগুলি অস্থায়ী ভূমিরেখা কিংবা মধ্যরেখার সাহায্যে রেখা সমূহের দিক নির্ণয় হয় বলিয়াই যন্ত্র ব্যবহারে চুম্বকশলাকার বিশেষ আবশ্যক হয় না। শলাকা দ্বারা কেবল চৌম্বক মধ্যরেখা নির্দিষ্ট হয়। মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপে জরিপকারীর ব্যক্তিগত কার্যনিপুণতার উপর সূক্ষ্ম কার্য বহুল পরিমাণে নির্ভর করে বলিয়া বদ্ধশলাকা দ্বারা জরিপ উৎকৃষ্টতর। বহুদশী জরিপকারীর পক্ষেও চুম্বকশলাকা ব্যবহার করিয়া এক ডিগ্রির অষ্টমাংশ অর্থাৎ $৭\frac{১}{২}$ মিনিট পর্যন্ত সূক্ষ্মভাবে

এবস্থিধ কণ্টন করাকে বদ্ধশলাকা দ্বারা জরিপে ইংরেজীতে back sight এবং মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপে check sight বলে।

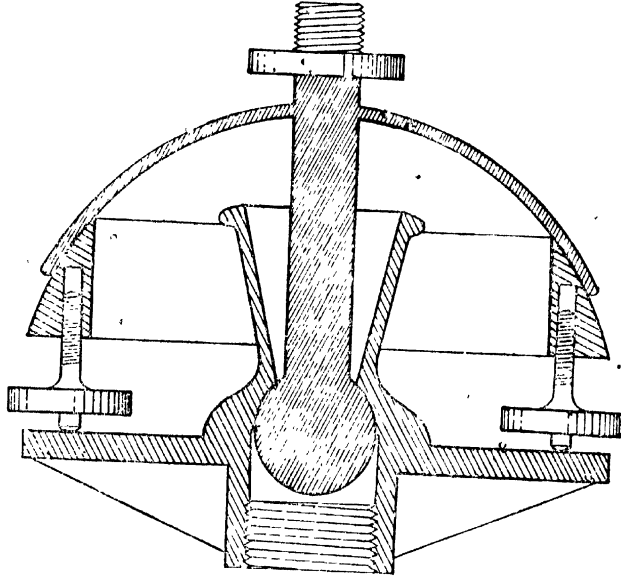
বিয়ারিং পাঠ করা আয়সসাধ্য। যদিও সূক্ষ্মতর পাঠ লওয়া যাইতে পারে কিন্তু পরবর্তী অধ্যায়ে জানা যাইবে যে, শলাকার বলনের দৈনিক পরিবর্তন, (variation) সংশোধন না করিলে ঐদৃশ পাঠ লওয়া বুথা। কিন্তু বদ্ধশলাকা দ্বারা জরিপ ব্যক্তিগত কার্যকুশলতার উপর কম নির্ভর করে। এই জরিপে কোণ সমূহ অনেকটা আপনা হইতেই (mechanically) পরিমিত হয়; এবং কোণের পাঠ তিন মিনিট এবং যন্ত্র বিশেষে এক মিনিট পর্যন্ত পাওয়া যায়।



৫৯ চিত্র—ডেভিসের ভার্ণিয়ারযুক্ত কম্পাস, ইহাতে দ্রব্যাক্ষণ এবং প্রবণতা মাপক পৃষ্ঠাকার ডায়াল আছে।

সাধারণ খনির ডায়াল আপেক্ষাযে কম্পাসযোগে বদ্ধশলাকাজরিপ করা হয় তাহার নিম্নাংকৌশল জটিল। ৫৯ম চিত্র দেখ। ইহাতে বৃত্তপাদে বিভক্ত বৃত্ত আছে। বৃত্তের উপর একটা চুম্বকশলাকা ঘুরে। অতএব এই যন্ত্র কতকটা খনির ডায়াল সদৃশ। বদ্ধশলাকায়ুক্ত কম্পাসে আরও একটা বিভক্ত বৃত্ত আছে। এই শেষোক্ত বৃত্ত কখনও ডায়ালের ভিতরে কাচের ঢাকনা দ্বারা রক্ষিত হয়, আবার কোন কোন যন্ত্রে বাহিরে থাকে। বাহিরে থাকিলে বৃত্তের ব্যাস অধিক হইবে,

কাজেই পাঠ সূক্ষ্মতর হইবে। ইহা সরু স্তরে বিশেষ উপযোগী, কারণ কোণের পাঠ লইতে হইলে ডায়ালের উপর মস্তক লইয়া যাইতে হয় না। যন্ত্র এ প্রকারে নিশ্চিত যে, তেপায়াতে বসাইয়া আবদ্ধ করিলে শেষোক্ত বৃত্ত স্থির থাকিবে; কিন্তু দৃষ্টিকনকের সহিত অবশিষ্ট ডায়াল অবাধে ঘুরিতে পারিবে। দৃষ্টিরেখা একস্থান হইতে ঘুরিতে আরম্ভ করিয়া উহার কতদূরে গিয়াছে তাহা নির্ণয় করিবার নিমিত্ত যে কোনও দৃষ্টিকলকের সাধারণতঃ 85° তাকাতে সুবিধামত স্থানে একটা সূচী (index) থাকে। কোণ মাপিবার সময় যন্ত্র বাঁধিয়া ধীরে ধীরে আবর্তন করতঃ সঠিক স্থানে আনয়ন করিবার জন্য উহাতে সূক্ষ্মগতিদায়ক (fine-adjustment)



৩০ চিত্র—চক্ষুমানের জয়েন।

ক্ষু কিস্তা স্পর্শনীক্ষু (tangential screw) থাকে। ভার্মিয়ারের (vernier) সাহায্যে কোণের সূক্ষ্মতর পাঠ লওয়া যায়। উহার বিষয় পরে এই অধ্যায়ের মধ্যেই আলোচিত হইবে।

বল (ball) এবং সকেট-জয়েন (৫৮ম চিত্র) দ্বারা ডায়াল তেপায়ায় সংযুক্ত হয় বলিয়া উহাকে সহজে জলসম (level) করা যাইতে পারে। কোন কোন যন্ত্রে জলসম করিবার ক্ষু (foot screw) থাকে। ক্ষুর সাহায্যে কার্য করিতে অধিক সময় লাগে। সাধারণ বল এবং সকেট-জয়েনে বলের ব্যাস বৃহৎ নহে

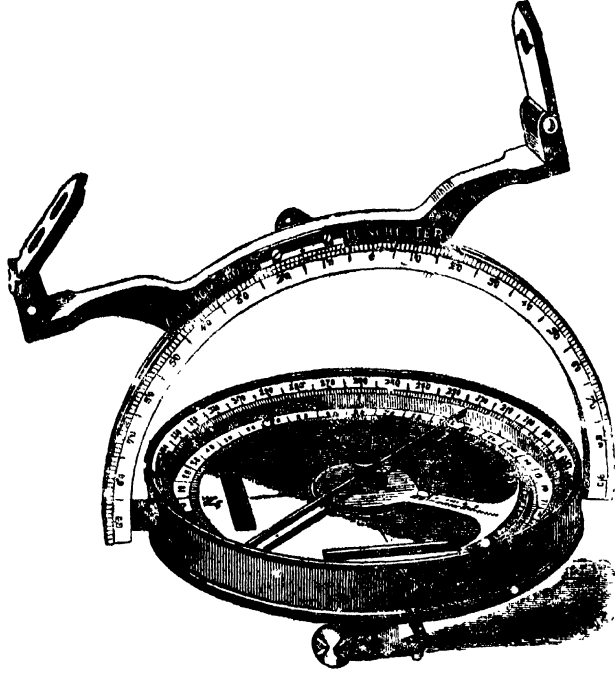
সকেট-জয়েন
(socket joint.)

বলিয়া উহার সহিত সকেটের সংযোগপৃষ্ঠ অঙ্ক হয়। অতএব যন্ত্রকে আবদ্ধ করিলে বন্ধন তত দৃঢ় হয় না, এবং জয়েন শীঘ্র শিথিল হইয়া যায়। এই অসুবিধা নিবারণার্থ হফম্যানের জয়েন (Hoffman joint) ব্যবহৃত হয়। ৬০ম চিত্র দেখ। ইহাতে একটা ফাঁপা গোলকেষ অংশ অন্য একরূপ একটা অংশের উপর পিছলাইয়া ঘুরে। বল এবং সকেটের মত এই উভয় ঘোলকের কেন্দ্র এক। ঘর্ষণপৃষ্ঠ বিস্তৃত এবং গোলকের ব্যাসার্দ্ধ লম্বা হওয়াতে গোলকদ্বয় ক্ল্যাম্প দ্বারা দৃঢ়রূপে আবদ্ধ হয়। হফম্যানের জয়েন দ্বারা যন্ত্রকে মোটামুটি জলসম করা হয়; পরে স্ক্রুের সাহায্যে এই কার্য সূক্ষ্মভাবে সম্পাদিত হয়। অতএব এই উপায়ে যন্ত্রকে শীঘ্র জলসম করা যায়।

কোন কোন যন্ত্র নিম্নোক্ত সাধারণ দৃষ্টিকলকের পরিবর্তে দূরবীক্ষণ (৫৯ম চিত্র) সংযুক্ত করিয়া সূক্ষ্মকার্যোপযোগী যন্ত্র প্রস্তুত করেন। দূরবীক্ষণের সহিত একটা বৃদ্ধিযুক্ত কাচের নল থাকাতে যন্ত্রকে যথাযথ জলসম করা যাইতে পারে। একরূপ করিতে হইলে বল এবং সকেট অপেক্ষা একটা দৃঢ় জয়েন ব্যবহার করা আবশ্যিক। দূরবীক্ষণযুক্ত যন্ত্র দ্বারা সাধারণ জরিপকার্যে দূরে দেখা, বিভিন্ন স্থানের উচ্চাচতা স্থির করা এবং ঢালু জায়গার প্রবণতাও মাপা যায়। এই প্রকারে ইহা বহুলাংশে থিয়োডোলাইটের কাজ করে; যদিও এ যন্ত্রের মত কাজ তত সূক্ষ্ম হয় না। কিন্তু সাদাসিধা ডায়াল অপেক্ষা দূরবীক্ষণযুক্ত ডায়ালকে একস্থান হইতে অন্যস্থানে বহন করা আয়াসসাধ্য, এবং ইহা দ্বারা কাজ করাও অসুবিধাজনক। অপিচ ইহা দামী। সূত্রের মোটের উপর ইহা নিজের সম্ভা সমর্থন করে না। যেহেতু খনির জরিপে সূক্ষ্মতর কার্যে থিয়োডোলাইট আবশ্যিক হয়, এবং অভ্যন্তরস্থ বিস্তারিত জরিপের নিমিত্ত (for filling in details) ও দৈনন্দিন কার্যের জন্য সাধারণ ডায়াল ব্যবহার করিলে কার্য দ্রুত সুসম্পন্ন হয়।

প্রবণভূমিতে জরিপ করিবার জন্য কতকগুলি ডায়ালে সুইভেল (swivel) সংযুক্ত থাকে। ৫৮ম এবং ৫৯ম চিত্র দেখ। প্রবণতা অত্যন্ত অধিক হইলে এবং সাধারণ আয়তাকার সরু ছিদ্রযুক্ত দৃষ্টিকলক দ্বারা কার্য না হইলে এ জয়েনের প্রয়োজন হয়। আরও সুইভেল থাকাতে যন্ত্রের সাহায্যে ক্ষতিজতলের সহিত প্রবণভূমির অবনতির পরিমাণ নিরূপিত হয়। তন্নিমিত্ত দৃষ্টিকলকদ্বয়ের একটীতে উপনেত্রখণ্ড (eye piece) নামক ক্ষুদ্র ছিদ্র এবং অন্যটীতে ক্রেশ-চিহ্ন সদৃশ ছোট্ট বালামচী থাকে। উদ্ধাধঃ কোণ মাপিবার অংশের বিভিন্ন নিম্নার্ণ কৌশল দেখা যায়। ৬১ম চিত্রে একটা সহজ কৌশল প্রদর্শিত হইল। ইহাতে দৃষ্টি-

ফলক যে ক্ষেমে আবদ্ধ থাকে তাহাতে ডিগ্রি ইত্যাদিতে বিভক্ত অর্ধবৃত্ত সংযুক্ত হয়। একটা ভার্ণিয়ার দৃষ্টিফলকের সহিত সংলগ্ন থাকে। অতএব দৃষ্টি-বেখার অবনতি সোজাসুজি অর্ধবৃত্তে পড়া যায়। যন্ত্র ব্যবহার করিবার সময়

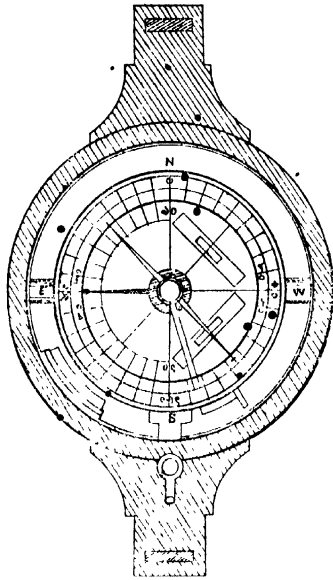


৩১ চিত্র - পর্টনেব ডায়াল, ইহাতে প্রবণতা মাপক অন্তর্ভুক্ত আছে।

কিছা খনির ভিতরে উহাকে একস্থান হইতে অন্যস্থানে বহন করিতে হইলে যন্ত্রের এই অংশ সহজেই ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে। এই যন্ত্র ব্যবহারে ইহাই অসুবিধা।

ডেভিসের কোশল সহজে ভগ্ন হয় না। ইহার দৃষ্টিফলকযুক্ত ক্ষেত্র (৫৯ম চিত্র) একটা কাঁটার সহিত গীয়ার (gear) করা। কাঁটা কাচ দ্বারা সুরক্ষিত ছোট গোল ক্ষেত্রের উপর ঘুরে। ইহাতে কেবল ডিগ্রি জ্ঞাপন করে না, অপিচ কত ফুট ক্ষতিজ তলে যাইয়া কতদূর উদ্ধাধঃ তলে নামিলে পুনরায় ঐ ঢাল পাওয়া যাইবে। ইহা দ্বারা এই ভাবেও ঢালু জায়গার প্রবণতা মাপা যায়; যথা ১৫ তে ১ ইত্যাদি। ক্ষেত্র এইরূপে গীয়ার করা থাকে যে, দৃষ্টিবেখা যতদূর সরিবে কাঁটা তাহার দ্বিগুণ ঘুরিবে, অতএব অনেকটা নির্ভুল পাঠ পাওয়া যাইবে।

৬২ম চিত্রে অন্য কৌশল প্রদত্ত হইল।* ইহা ওডোনাহিউ (O'Donahue) উদ্ভাবন করিয়াছেন। ইহার কাঁটা ডায়ালের ভিতর থাকে, সুতরাং



৬০ চিত্র -- থিয়োডোলাইট যন্ত্রের কৌশল।

আরও সুরক্ষিত। কাঁটা শলাকার সহিত সমকেন্দ্রে ঘুরে। ডায়ালের তলার প্লেটে একটা বিভক্ত বৃত্ত থাকে, এবং কাঁটাটি এইরূপে গাঁয়ার করা যে, দৃষ্টির যতদূর সরিবে কাঁটাও সেই পরিমাণ ঘুরিবে।

ক্ষতিজতলগত এবং উদ্ধারঃ কোণ

উভয়কেই সূক্ষ্মভাবে থিয়োডোলাইট (theodolite) মাপ করিবার জন্য থিয়োডোলাইট নামক

যন্ত্র নিৰ্মিত হইয়াছে। বদ্ধশলাকাযুক্ত ক্ষতিজতলগত ধনুঃ (অথবা কোণ) তিন মিনিট এবং উদ্ধারঃ কোণ সম্ভবতঃ সিকি ডিগ্রি পর্য্যন্ত মাপা যায়। কিন্তু থিয়োডোলাইটে উভয় তলেই ১০ সেকেন্ড পর্য্যন্ত পরিমিত পারা যায়। যন্ত্রের ব্যবহার স্বভাবতঃ জটিল এবং কোণ মাপিতে ডায়াল অপেক্ষা ইহাতে অধিক সময় লাগে। ইহাতে বদ্ধ

করিবার (clamping) এবং সূক্ষ্মগতিদায়ক স্কুর সংখ্যাও অধিক। একটা আধুনিক থিয়োডোলাইট (৬৩ম এবং ১১১ম চিত্রে) নিম্ন বর্ণিত হইলঃ—

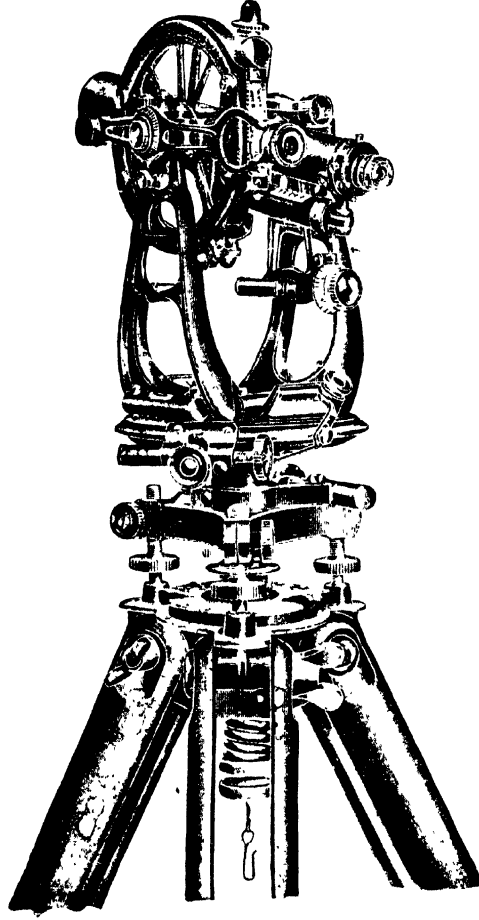
১। যন্ত্রের নিম্ন অংশস্থিত একটা প্লেট (sliding base plate)। প্লেটটি এক ইঞ্চি জায়গা লইয়া চারিদিকে পিছলাইয়া সরিতে পারে। ইহা থাকিতে ওলনরসির (plumb line) সাহায্যে যন্ত্রকে ট্রেসন্* চিহ্নের উপর যথাযথ শীঘ্র বসান যায়, অবশ্য প্রথমে তেপায়া দ্বারা মোটামুটি বসাইতে হইবে। সচরাচর জমিতে খুঁটা (peg) পুতিয়া তাহাতে ক্রুশ-চিহ্নের মত দুইটি রেখা টানিয়া ট্রেসন্ চিহ্নিত করা হয়। যন্ত্র চিহ্নের উপর ঠিক আসিলে প্লেটকে আবদ্ধ করিয়া দেওয়া হয়।

২। জলসম করিবার পাদস্কু সমূহ (foot screws)। এইগুলি দ্বারা চক্রবালীয় বৃত্তকে (horizontal circle) জলসম করা হয়।

৩। চক্রবালীয় বৃত্তকে নিম্নাংশস্থিত প্লেটের সহিত আবদ্ধ করিবার স্কু (clamping screw)। শূন্যরেখাকে যথাগতানয়ন করিবার জন্য একটা সূক্ষ্মগতিদায়ক স্কু পূর্বোক্ত স্কুর সংযোগে কার্য্য করে।

* যে দুই রেখার জরিপ আবশ্যক তাহাদের সংযোগ বিন্দুকে জরিপ বিদ্যায় ইংরাজীতে station বলে।

৪। চক্রবালীয় বৃত্তের সহিত তীরচিহ্নযুক্ত ভার্ণিকারকে আবদ্ধ করিবার ক্ষু। দৃষ্টিরেখা শূন্যরেখা হইতে অর্থাৎ 0° এবং 180° যোগ করিয়া যে রেখা হয় তাহা হইতে কত তফাতে গিয়াছে সঠিক পরিমাণ করিবার নিমিত্ত একটা সূক্ষ্মগতিদায়ক ক্ষু এই ক্ষুর সংযোগে কার্য্য করে।



৬০ চিহ্ন—৬০ সের দৃষ্টিরেখা।

৫। উদ্ধাধঃ বৃত্ত ও তাহার ক্ষু। উদ্ধাধঃ বৃত্ত (vertical circle) শূন্যরেখাকে চক্রবালীয় বৃত্তের সমান্তরালে রাখিবার জন্য একটা সূক্ষ্মগতিদায়ক ক্ষু আছে। দূরবীণে সংযুক্ত বৃদ্ধযুক্ত নলের সাহায্যে এই কার্য্য করা হয়।

৬। উল্লান্থঃ ভাণিয়ার ও তাহার ক্রু। এই ক্রু দ্বারা তীরচিহ্নযুক্ত উল্লান্থঃ ভাণিয়ারকে উল্লান্থঃ বৃত্তের সহিত আবদ্ধ করা হয়। ইহাতেও সূক্ষ্মগতিদায়ক ক্রু আছে। এই বৃত্তের ও ভাণিয়ারের সাহায্যে ঢালের জরিপ। বিভিন্ন স্থানের উচ্চাচতা এবং জ্যোতিষ্কদিগের উচ্চতা পরিমিত হয়।

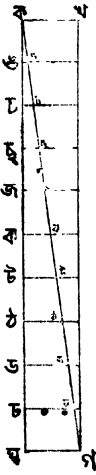
চক্রবালীয় এবং উল্লান্থঃ এই উভয় বৃত্তের প্রত্যেকটির সহিত সুধারণতঃ দুইটা করিয়া ভাণিয়ার থাকে। ইহারা $180''$ দূরে অবস্থিত। চক্রবালীয় বৃত্তে পাঠ লইবার সময় যে ভাণিয়ারের তীরচিহ্ন প্রথম শূন্যে ছিল তাহাতেই পাঠ লইতে হইবে। একপ করিতে যেন ভুল না হয়। অন্য ভাণিয়ারের পাঠে $180''$ পার্থক্য দৃষ্ট হইবে। ভাণিয়ার পাঠ করিবার জন্য অংশুল বাহুতে (radiating arms) অনুবীক্ষণ সংযুক্ত আ.ড. কারণ উহাদের বিশেষতঃ ৫ ইঞ্চি যন্ত্রের ভাগরেখা (line of division) সমূহ অত্যন্ত সূক্ষ্ম।

খনির জরিপকারীগণ ক্রান্তিক ব্যবহৃত রেখামানদণ্ড দ্বারা (linear scale)।

কর্ণমানদণ্ড (chagonal scale)।

সচরাচর এক শিকল কিম্বা উহার দশমাংশ অর্থাৎ $10'$ লিঙ্ক সৃচিত হয়। অধিকাংশ সময়ে ১ শিকল = ১ ইঞ্চি এবং ১ শিকল = ১ ইঞ্চি দশ মানদণ্ডদ্বয়

ব্যবহৃত হয়। অত্যাচ্ছ মানদণ্ড বিশেষ কার্যের জন্ত কখন কখন আবশ্যক হয়। সাধারণতঃ উহাদের ক্ষুদ্রতম ভাগগুলি $10'$ লিঙ্ক প্রকাশ করে। মধ্যবর্তী লিঙ্ক সকলের অর্থাৎ $10', 20', 30'$ ইত্যাদি এবং $11', 12'$ ইত্যাদি লিঙ্কের দৈর্ঘ্য জরিপকারী অভ্যাস ও দক্ষতার সহিত অনুমান করিতে পারিবেন। মানদণ্ড দেখিবার সময় চক্ষু এমন স্থানে রাখা আবশ্যক যে, দৃষ্টিরেখা দণ্ডের সহিত লম্বভাবে থাকে; তাহা হইলে স্থিতি বৈলক্ষণ্য জনিত ভ্রম (parallax error) হইবে না। জরিপকারী কিম্বা এন্জিনিয়ার যাহাতে কর্কটের (divider) সাহায্যে সূক্ষ্মভাবে ক্ষুদ্র মাপ লইতে পারেন, তন্নিমিত্ত কর্ণমানদণ্ড উদ্ভাবিত হইয়াছে। সদৃশ ত্রিভুজ হইতে এই মানের উৎপত্তি। ৬৬ম চিত্রে ইহার ব্যাখ্যা করা হইয়াছে।



কষ রেখা দেওয়া আছে।

এবং অত্যাচ্ছ একটা রেখা কষ উহার সহিত লম্বভাবে

৬৬ চিত্র। রহিয়াছে। কষ হইতে সুবিধামত অংশ কটন করিয়া ও. চ. ছ. জ ইত্যাদি বিন্দু দ্বারা উহাকে দশটা (প্রয়োজনানুসারে অত্যাচ্ছ সংখ্যাও লওয়া যাইতে পারে) সমান অংশে বিভাগ কর।

কষগথ আয়ত সম্পূর্ণ কর, এবং কগ যোগ কর। যগ এর সমান্তরালে ও. চ. ছ. জ ইত্যাদি রেখা টান। কষ তে যে কোন বিন্দু, যথা জ লইলে

সদশ ত্রিভুজ হইতে •

$$\frac{\text{কজ}}{\text{কঘ}} = \frac{\text{জ}^2}{\text{ঘগ}}$$

কিন্তু কঘএর দশ ভাগের মধ্যে চতুর্থ ভাগে জ বিন্দু আছে,

$$\therefore \frac{\text{অএব}}{১০} = \frac{\text{জ}^2}{\text{ঘগ}}$$

∴ জ^২ ঘগএর চতুর্দশমাংশ।

সাদৃশ্যতঃ অত্র বিন্দুতেও এরূপ হইবে, যথা

২^১ ঘগ এর সপ্তদশমাংশ.

৮ ঘগ এর নবদশমাংশ.

ইত্যাদি।

আরও কথ = ঘগ

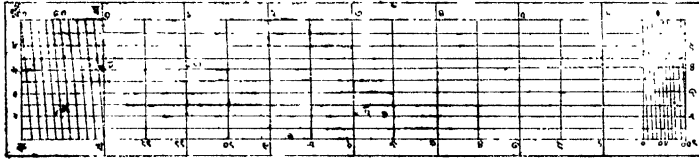
এইরূপে যদি কথ এক ইঞ্চির দশমাংশের সমান হয়, তবে

জ^২ = এক ইঞ্চির চতুঃশততমাংশ.

৪^১ = এক ইঞ্চির সপ্তশততমাংশ.

ইত্যাদি।

এই রীতানুসারে কর্ণমানদণ্ড এবং জরিপকারীর রেখামানদণ্ড (যাহা কেবল এক শিকলের দশমাংশ প্রকাশ করে) এই উভয়ের সংযোগে এক লিঙ্ক অর্থাৎ এক শিকলের শততমাংশ পাঠ ও নক্সা করা যায়।

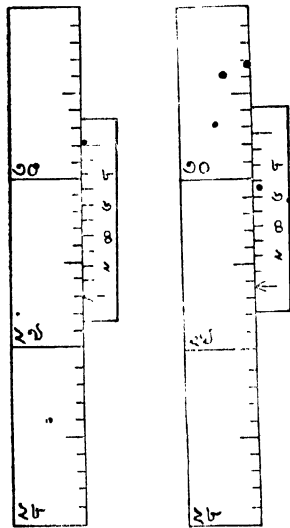


৬৫ চিত্র—কর্ণমানদণ্ড।

৬৫ম চিত্রে একটী কর্ণমানদণ্ড প্রদর্শিত হইল। উহার এক প্রান্তে এক শিকলে এক ইঞ্চি এবং অত্র প্রান্তে দুই শিকলে এক ইঞ্চি মান অঙ্কিত হইয়াছে। কথ এবং গঘ ইঞ্চি দশটা সমান ভাগে বিভক্ত, এবং বিভক্ত বিন্দু সমূহ চিত্রে প্রদর্শিতভাবে কোণাকোণী যোগ করা হইয়াছে। এই কোণাকোণী সংযুক্ত রেখা সমূহ, খঘ এবং কগকে দশ ভাগে বিভক্ত করিয়া যে সকল সমান্তরাল ও সমদূরবর্তী রেখা টানা হইয়াছে, তাহাদিগকে কর্তন করিয়াছে। কিছুক্ষণ চিন্তা করিলেই ছাত্রেরা ইহার ব্যবহার বুঝিতে পারিবে। যথা ১ শিকল = ১ ইঞ্চি মান হইতে ১০৬ লিঙ্ক মাপিতে হইলে কর্কটের

অগ্রদ্বয় ৬ এবং ৮ বিন্দুতে রাখিতে হইবে। ৩৬১ লিঙ্গ মাপিতে, হইলে কর্কট ছ হইতে জ পর্যন্ত প্রসারিত করিতে হইবে।

কর্ণমানদণ্ডে যত ক্ষুদ্র মাপ পাওয়া যায় ভার্ণিয়ার-উদ্ভাবিত প্রণালীর সাহায্যেও ভার্ণিয়ার (vernier)। তাৎক্ষণিক ক্ষুদ্র মাপ পাওয়া যাউতে পারে। ইহা কর্ণমান অপেক্ষা এক পক্ষে সুবিধাজনক, কারণ ইহাতে কর্কটের আবশ্যক হয় না। পরন্তু চক্ষু দ্বারা ইহাকে সোজাসুজি পড়া যায়। অপিচ রঙের ধনুতেও ভার্ণিয়ার অঙ্কিত করিয়া তুলারূপে সুবিধামত পাঠ করা যায়; এবং ডায়াল ও থিয়োডোলট্টে ব্যবহার হয় বলিয়া ভার্ণিয়ার মান জরিপকারীর নিকট অত্যন্ত মূল্যবান। ভার্ণিয়ারের অঙ্কন-ক্রম এইরূপ :—



(ক)

(খ)

৬৬ চিত্র।

মূল মান (main scale) হইতে ন-১ ভাগ লও।

এ পরিমাণ লম্বা একটা ভার্ণিয়ার অর্থাৎ সহকারিমান (subsidiary) আঁক, এবং তাহাকে ন ভাগ কর।

তাহা হইলে সহকারিমানের প্রত্যেক ভাগ মূলের প্রত্যেক ভাগের $\frac{n-1}{n}$ অংশ হইবে।

অতএব যদি মূল মানের প্রত্যেক ভাগকে ক বলা হয়, তবে উহার এক ভাগের সহিত সহকারিমানের এক ভাগের বিয়োগফল

$$= ক - \frac{ক \cdot (ন-১)}{ন}$$

$$= কন - কন + ক$$

$$= \frac{ক}{ন}$$

এখন ভার্ণিয়ার মূল মানের পার্শ্বে রাখিয়া উহার স্তূপরেখা মূলের যে কোন ভাগরেখার সহিত মিলান হইল।

যদি ভার্ণিয়ারমান (সহকারিমান) $\frac{ক}{ন}$ দূর পর্যন্ত আগে সরান যায়,

তবে পরবর্তী অর্থাৎ এক নম্বর ভাগরেখা মূল মানের পরবর্তী রেখার সহিত মিলিত হইবে।

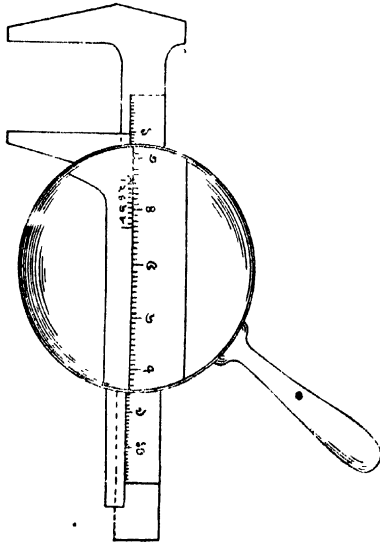
আরও $\frac{ক}{ন}$ দূর অগ্রে সরাইলে ভার্ণিয়ারের দ্বিতীয় রেখা মূলের দ্বিতীয় রেখায় মিলিবে।

ইত্যাদি।

অতএব ভার্ণিয়ারের সপ্তম রেখা মূল মানের কোনও রেখার সহিত মিলিত হইলে আমরা বুঝিতে পারি। ভার্ণিয়ারের শূন্যরেখা মূলের যে শেষ রেখাকে অতিক্রম করিয়া আসিয়াছে তাহা হইতে $৭ \times \frac{ক}{ন}$ দূরে আছে। এই মূল তত্ত্ব কিরূপে কার্যে ব্যবহৃত হয়, তাহা ছাত্রেরা কয়েকটি উদাহরণ আলোচনা করিলেই বুঝিতে পারিবে।

৬৬ম চিত্রে বায়ুচাপমানযন্ত্রে (barometer) ব্যবহৃত সর্বাপেক্ষা সরল ঋজু ভার্ণিয়ার প্রদর্শিত হইয়াছে।

যন্ত্রে মূল মানের $\frac{৯}{১০}$ ইঞ্চিকে ভার্ণিয়ারে দশটি সমভাগ করিয়া উহাতে ১ হইতে ১০ লিখিত হইয়াছে।



৬৭ চিত্র।

(ক) চিত্রে ভার্ণিয়ারের শূন্য-রেখা মূলের ২৯ ইঞ্চির পরে তৃতীয় রেখার সহিত মিলিয়াছে। অতএব ইহার পাঠ ২৯.৩০ ইঞ্চি।

(খ) চিত্রে শূন্যরেখা আরও সরিয়া গিয়াছে কিন্তু ২৯.৪০ পর্য্যন্ত নহে।

পরীক্ষা করিলে দেখা যায়, ভার্ণিয়ারের ষষ্ঠ ভাগরেখা মূল মানের কোন এক রেখার সহিত মিলিয়াছে।

অতএব (খ) চিত্রের পাঠ ২৯.৩৬ ইঞ্চি।

৬৭ম চিত্রে এনজিনিয়ারের স্বল্প-দূরতা পরিমাপক যন্ত্রে (micro-meter gauge) ব্যবহৃত ঐরূপ আর একটি ভার্ণিয়ার দেখান হইল।

ইহার ভাগরেখা সমূহ এক মিলিমিটার (এক ইঞ্চির দশমাংশ অপেক্ষা অনেক ক্ষুদ্র) দূরে আছে; কিন্তু বায়ুচাপমানযন্ত্রস্থিত ভার্ণিয়ারের যেরূপে পাঠ করিতে হয় ইহার ভার্ণিয়ারও সেইরূপে পাঠ করিতে হয়।

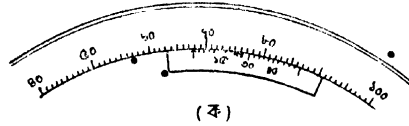
ডায়াল এবং থিয়োডোলাইটের ভাগিয়ার অবশ্য ধনুকাঁকৃতি হইবে। ডায়ালের চক্রবালীয় বৃত্ত ডিগ্রিতে বিভক্ত। অতএব ভাগিয়ারে এক মিনিট পাঠ পাইতে হইলে ০.৯° ডিগ্রি লম্বা ধনুঃ লইয়া উহাকে ৬০ টি সমভাগ করিতে হইবে।

ভাগিয়ারের প্রত্যেক ভাগরেখা পর পর মূল মানের সম্মুখে আসিলে উহা $\frac{1}{60}$ ডিগ্রি অর্থাৎ এক মিনিট করিয়া সরিবে।

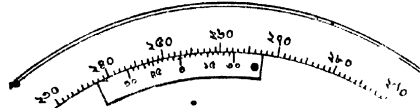
এত লম্বা ভাগিয়ার প্রস্তুত করা অসুবিধাজনক কারণ উহা বিভক্ত বৃত্তের অনেকখানি স্থান ব্যাপিয়া থাকিবে।

সুতরাং সচরাচর ডায়ালে ১৯° লম্বা ধনুকে ১০ ভাগ করিয়া ভাগিয়ার অঙ্কিত হয়।

তাহা হইলে ভাগিয়ারে ভাগ সমূহ $\frac{1}{60}$ ডিগ্রি অর্থাৎ তিন মিনিট করিয়া বৃদ্ধি প্রকাশ করিবে।



(ক)



(খ)

৬৮ চিত্র

সেই হেতু এই প্রকার ডায়ালে ‘‘ ৩ মিনিট পাঠ দেয় ’’ এইরূপ বলা হয়।

৬৮-ম (ক) চিত্রে খনির ডায়ালে ব্যবহৃত একটি সরল ভাগিয়ার প্রদর্শিত হইল। পাঠের সুবিধার জন্য প্রত্যেক পঞ্চম ভাগে অঙ্ক লিখিত আছে, এবং প্রত্যেক ভাগ তিন মিনিটের বৃদ্ধি প্রকাশ করে বলিয়া লিখিত অঙ্কগুলি ১৫, ৩০, ৪৫ এবং ৬০ (কিছা শূন্য) মিনিট হইবে। চিত্রে ভাগিয়ারের পাঠ ৬৭° ৩৯’।

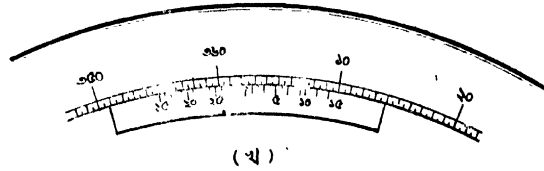
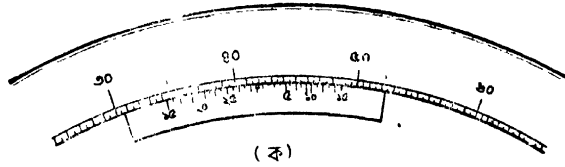
৬৮-ম (খ) চিত্রে অন্য কোণের দেখান হইল : ইহার শূন্যরেখা ভাগিয়ারের মধ্যস্থলে আছে, এবং ইহার নিম্নাংশে কিয়ৎপরিমাণ নিপুণতা দেখা যায়। ছাত্রেরা ইহা পাঠ করিবে।

ভাগিয়ারে এক মিনিট পড়িতে হইলে প্রত্যেক ডিগ্রিকে দুইটি সমানভাগ করিতে হইবে; অতএব মূল মানের ভাগরেখা $\frac{1}{2}$ ডিগ্রি নির্দেশ করিবে।

ডায়ালে এইরূপ ভাগিয়ার বিরল। প্রায় সমস্তই তিন মিনিট পাঠ দেয়, কিন্তু অধিকাংশ কোণঅঙ্কনযন্ত্র (protractor) দ্বারা এক মিনিট কোণ অঙ্কিত হয়।

এই প্রকার ভাগিয়ারের ধনুঃ মূল মানের ২৯ ভাগের সমান লম্বা। উহাকে ৩০ টি সমান অংশে বিভক্ত করা হয়। অতএব ভাগিয়ারের প্রত্যেক ভাগরেখা পর পর ক্রমশঃ অর্দ্ধ ডিগ্রির $\frac{1}{30}$ অংশ অর্থাৎ এক মিনিট বৃদ্ধি প্রকাশ করে।

তাদৃশ ভাগিয়ার পাঠ করিতে হইলে সূচীস্ৰাপক তীরটি অর্দ্ধ ডিগ্রির ভাগরেখা অতিক্রম করিয়াছে কি না লক্ষ্য করিবে। তীর ঐ ভাগরেখা অতিক্রম না করিলে পাঠ ৩০ মিনিটের কম হইবে, এবং যদি করে, তবে পাঠিত অঙ্কে ৩০ মিনিট যোগ করিতে হইবে।



৬৯ চিত্র।

৬৯ম (ক) চিত্রে এইরূপ ভাগিয়ার দেখান হইল। উহার পাঠ ৪১° ৩৭'।
(খ) চিত্রের ভাগিয়ার ছাত্রেরা পাঠ করিবে।

কতকগুলি পুরাতন থিয়োডোলাইটের ভাগিয়ার এক মিনিট পাঠ দেয়, কিন্তু প্রায় সমস্ত নূতন যন্ত্রে আরও ক্ষুদ্র কোণের, সাধারণতঃ ২০ সেকেন্ড পর্যন্ত, পাঠ পাওয়া যায়।

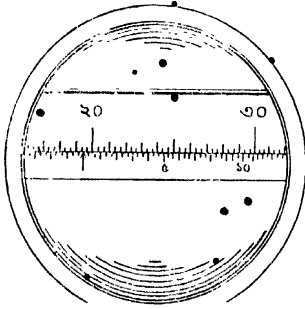
২০ সেকেন্ড পাঠ পাঠবার জন্য ভাগিয়ার প্রস্তুত করিতে হইলে মূল মানের এক ডিগ্রিকে তিন ভাগ করিবে। অতএব প্রত্যেক ভাগ ২০ মিনিট হইবে।

এ প্রকার ৫৯ ভাগের সমান ভাগিয়ারের ধনুঃ লম্বা ৬০ টি সমভাগ করিবে।

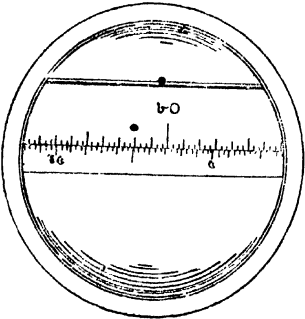
অতএব ভাগিয়ারের প্রত্যেক ভাগ ২০ মিমিটের $\frac{1}{60}$ অংশ অর্থাৎ ২০ সেকেন্ড বৃদ্ধি প্রকাশ করিবে।

পাঠের সময় ভাণ্ডারের তীরটী ডিগ্রীর কোন অংশ আছে লক্ষ্য করিবে। যদি উহা দ্বিতীয় ভাগেরথাকে ছাড়াইয়া যায় তবে পাঠে ৪০ মিনিট যোগ করিবে, এবং প্রথম ও দ্বিতীয় ভাগেরথার মধ্যে থাকিলে ১০ মিনিট যোগ করিবে।

৭০ম চিত্রে থিয়োডোলাইটের ভাণ্ডার বন্ধিত করিয়া অঙ্কিত হইয়াছে। (ক) চিত্রের পাঠ ১৯° ১৫' ২০"। (খ) চিত্র ছাত্রেরা পাঠ করিবে। থিয়োডোলাইটে অনুবীক্ষণ দ্বারা ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিভাগ সমূহ পাঠ করা প্রথমে অসুবিধাজনক। ছাত্রেরা অনুবীক্ষণ দ্বারা ভাগেরথা পাঠ করিবার অভ্যাস করিবে।



(ক)



(খ)

চিত্র।

কোণঅঙ্কনযন্ত্রের বিষয় সকলেই জানে। ইহাতে এক ডিগ্রীমাত্র পাঠ পাওয়া যায়। কাজেই খনিজরিপকারীর কোন কাজ লাগে না। কারণ উহাদিগকে যথাযথ বসান যায় না, কিম্বা উহাদের সাহায্যে কোণ সূক্ষ্মরূপে অঙ্কিত হয় না। উহাদের ব্যাস ক্ষুদ্র, অতএব উহারা কার্যোপযোগী নহে।

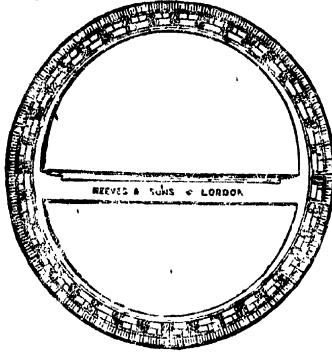
বৃত্তাকার কোণঅঙ্কনযন্ত্র উৎকৃষ্টতর। খনির সাধারণ কার্যের মত উহার ব্যবহারই প্রশস্ত। ইহাতে কক্ষ বহুল পরিমাণে সূক্ষ্ম হয়। ইহা সস্তা,

ভূপৃষ্ঠে কিম্বা খনির ভিতরে যে সকল কোণ মাপিয়া পুস্তকে লিখিত হয় তাহাদিগকে কোণ-অঙ্কনযন্ত্রযোগে নুঙ্কায় অঙ্কিত করা যায়। এই যন্ত্র কোণ সূচিতকরে, এবং ইহার কেন্দ্রে যে কোন নির্দিষ্ট বিন্দুতে ও শূন্যরেখা কোন নির্দিষ্ট দিকে স্থাপন করা যায়। উৎকৃষ্ট যন্ত্রে শীঘ্র শীঘ্র নির্ভুল কাজ হয়, এবং অতিক্ষুদ্র কোণও অঙ্কিত করা যায়।

কোণঅঙ্কনযন্ত্রের নানা আকৃতি, এবং আয়তনও বিভিন্ন। উহারা ধাতু নির্মিত। কাষ্ঠের কিম্বা গজদন্তের আয়তাকার যন্ত্রে নানাবিধ মান অঙ্কিত থাকে, এবং উহা নক্সা করিবার সাধন যন্ত্রের বাস্তবে দেখিতে পাওয়া যায়। এই যন্ত্রের সহিত সকলেই পরিচিত; কিম্বা ক্ষুদ্র অর্ধ বৃত্তাকার

এবং প্রয়োজনীয়। ইহার সেলুলাইড, কার্ডবোর্ড, পিতল কিম্বা ইলেক্ট্রাম ধাতু নিৰ্মিত, এবং ইহাদের বিভিন্ন বৃত্তের ব্যাস ৬ ইন্চে ৮ ইঞ্চি। বৃত্ত বৃহৎ বলিয়া কাজও সুক্ষ্ম হয়।

৭১ম এবং ৭২ম চিত্রে বৃত্তাকার কোণঅঙ্কনযন্ত্র দেওয়া হইল। প্রথম চিত্রে যন্ত্রের বাণ দেওয়া আছে। উহা দ্বারা সহজেই যন্ত্রকে উৎপত্তি বিন্দুতে (origin) অর্থাৎ যে বিন্দুর চতুর্দিকে সমস্ত কোণের দাগ রাখিতে হইবে তাহাতে বসান যায়। দ্বিতীয় চিত্রের যন্ত্রে মধ্যভাগ সম্পূর্ণ উন্মুক্ত, অতএব নক্সা দ্রুত ও সঠিক অঙ্কিত হয়। কিন্তু এই যন্ত্রটি বসাইতে হইলে দুইটি রেখা টানিতে হইবে, একটা 0° — 180° এবং অন্যটি 90° — 270° । এই রেখাদ্বয় যন্ত্র যথাযথ স্থাপন করিলে উৎপত্তি বিন্দু যন্ত্রের কেন্দ্রের সহিত নিশ্চয়ই মিলিয়া যাইবে। ৭২ম চিত্রে যন্ত্র 0° — 180° রেখায় বসান হইয়াছে।



৭১ চিত্র—পিতল নিৰ্মিত বৃত্তাকার কোণ অঙ্কন-
যন্ত্র : উহাতে কেন্দ্রবিন্দু আছে।

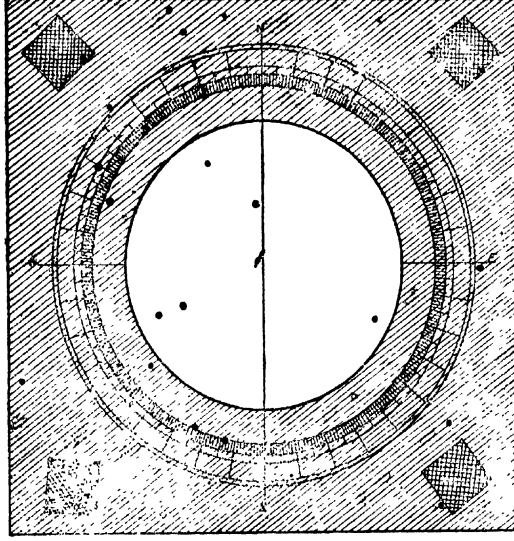
যন্ত্রে কোণ নানারূপে লিখিত থাকে। চতুর্কশলাকা দ্বারা জরিপ নক্সা করিতে কখন উহাদিগকে বৃত্তপাশে বিভক্ত করিয়া প্রত্যেক পাদে 0° হইতে 90° পর্য্যন্ত লিখিত হয়; আবার কোন যন্ত্রে 0° হইতে আরম্ভ করিয়া দক্ষিণে কিম্বা বামে কিম্বা উভয় দিকেই 0° পর্য্যন্ত অঙ্কিত

থাকে। অথবা কোন যন্ত্রে তিন প্রকারেই অঙ্কিত হয়। বৃহৎ যন্ত্রের ডিগ্রি বড় রেখা, অর্ধ ডিগ্রি ছোট রেখা এবং সিকি ডিগ্রি বিন্দু দ্বারা সূচিত হয়। অতএব এই যন্ত্রের সাহায্যে ডিগ্রির অষ্টমাংশ কিম্বা উহার ব্যবহারে অভ্যস্ত হইলে আরও ক্ষুদ্র কোণ অত্যন্ত সুক্ষ্মরূপে অঙ্কিত করা যাইতে পারে।

সমরেখাক্ষণ (parallel ruler) সর্বদা যন্ত্রের সঙ্গে সঙ্গে ব্যবহৃত হয়। যেস্থানে নক্সা করিতে হইবে সেইস্থানে কার্ডবোর্ড কিম্বা সেলুলাইড নিৰ্মিত বৃত্তাকার কোণঅঙ্কনযন্ত্র বসান থাকিলেও উহার উপর সমরেখাক্ষণ স্থাপন করা চলে। অন্য যন্ত্র ব্যবহার করিলে উৎপত্তি বিন্দু যথাস্থানে অঙ্কিত করিতে হইবে, এবং কোণ সমূহের চিহ্ন রাখিয়া যন্ত্র উঠাইয়া লইলে তবে সমরেখাক্ষণ ব্যবহার করা যাইবে।

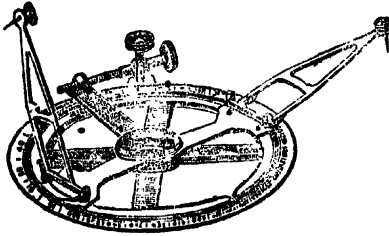
কোন এক স্থানের জরিপকার্য্য নক্সা করিবার সময় যদি কোণ সমূহ অঙ্কন করিতে হয়, তবে নক্সার এক ষ্টেশন্ হইতে আর এক ষ্টেশনে ও এক মধ্যরেখা হইতে আর এক মধ্যরেখায় যন্ত্র সরাইয়া না লইয়া উহাকে ঐস্থানে কেবলমাত্র

একবার বসাইয়া কোণ সমূহকে উৎপত্তি বিন্দু* এবং উহার মধ্যরেখা হইতে টানা উচিত। মুক্তশলাকাজরিপে গ্রহণ করা সহজ, কিন্তু বদ্ধশলাকাজরিপে গ্রহণ



৭২ চিত্র—বৃত্তাকার কোণ অঙ্কনযন্ত্র, ইহাতে কেন্দ্রবিন্দু নাষ্ট।

করিতে হইলে ট্রান্সার্সের (traverse** সমস্ত রেখা মূল ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করিয়াছে নির্ণয় করিতে কিছু গণনার প্রয়োজন হয়। যষ্ঠ অধ্যায়ে ঐ গণনা ব্যাখ্যা করা হইবে।



৭৩ চিত্র—ভূগোলিক দিবালঙ্ঘ্য পিঠল নির্মিত বৃত্তাকার কোণ অঙ্কনযন্ত্র।

৭৩ম চিত্রে দিবালঙ্ঘ্য বৃত্তাকার কোণ অঙ্কনযন্ত্র দেখান হইল। ইহা খনিজরিপ-কারীর বিশেষ প্রয়োজনীয়, এবং প্রায় সর্বত্র ব্যবহৃত হয়। বাহুদ্বয় ডায়ালের দৃষ্টি-ফলকের অনুরূপ, এবং বাস্তব বদ্ধ করিবার সময় উহা-দিগকে যন্ত্রের উপর ভাঁজ করিয়া রাখা হয়। *প্রত্যেক

*ট্রান্সার্স ৯৫ পৃষ্ঠায় ব্যাখ্যাত হইয়াছে।

বাহুর প্রান্তে একটি সূচ্যগ্রভাগ (pin point) আছে। উহা দ্বারা কাগজে আবশ্যকমত অতি ক্ষুদ্র ছিদ্র করা যায়। যন্ত্রের কেন্দ্রে এক টুকরা কাচ থাকে। কাচের তলদেশে ক্রুশ-চিহ্নের মত সূক্ষ্ম দাগ কাটা আছে। এই চিহ্ন কেন্দ্র সূচিত করে, এবং ইহার সাহায্যে অনায়াসে যন্ত্রকে উৎপত্তি বিন্দুতে বসান যাইতে পারে। কার্য আরম্ভ করিতে হইলে বাহুদ্বয়কে পরস্পর 0° এবং 180° তে বাঁধিয়া মধ্যরেখার উপর স্থাপন করিতে হইবে। ইহার ভার্ণিয়ার ৬৯ম চিত্রের মত। ভার্ণিয়ারে এক মিনিট পর্য্যন্ত পড়া যায়। যন্ত্রে বাহুদ্বয় আবদ্ধকারী এবং সূক্ষ্মগতিদায়ক জুড় দেওয়া থাকে।

চতুর্থ অধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১। নিম্নলিখিত বৃত্তপাদ বিষারিঃ সমূহকে চাপ য় বিষারিঃখে পরিণত কর :—

(ক) এন্ ৫৭° ই।

(খ) এন্ ১২° ডব্লিউ।

(গ) এন্ ৪৯° ই।

(ঘ) এন্ ১০০° ৪৬' ৪০" ডব্লিউ।

২। নিম্নলিখিত চাপীয় বিষারিঃগুলিকে বৃত্তপাদ বিষারিঃখে পরিবর্তিত কর :—

(ক) ১৯° ।

(খ) ১৪৬° ৪৮'।

(গ) ১৪১° ৪'।

(ঘ) ৩৩৫° ৩১' ১০"।

৩। নিম্নলিখিত যন্ত্রদ্বয়ের গতি বঃ

(ক) বন্ধশলাকাকম্পাশ।

(খ) থিয়োডোলাইট।

৪। ভার্ণিয়রের মূলতঃ ব্যাখ্যা কর। নিম্নলিখিত পাঠ দেখাইয়া ভার্ণিয়ার অঙ্কিত কর :—

(ক) ১৮° ৬৬ ইঞ্চি।

(খ) ৬৫° ৩৯' (তিন মিনিট পর্যন্ত যেন মাপা যায়)।

(গ) ৩১৯° ৫৮' ১০"।

৫। নিম্নলিখিত কর্ণমানদণ্ড অঙ্কিত কর :—

(ক) তিন শিকল = ১ ইঞ্চি (ইহাতে যেন এক লিঙ্গ পর্যন্ত মাপা যায়)।

(খ) $\frac{4}{5}$ ইঞ্চি = ১ ফুট (ইহাতে যেন এক লিঙ্গের দশমাংশ পর্যন্ত মাপা যায়)।

৬। থিনির ডায়ালে প্রবণতা মাপিবাব বিভিন্ন কোশলগুলি বর্ণনা কর।

৭। হুন্সমান-উদ্ভাবিত ডায়েলের নিম্নাণ কোশল অঙ্কিত কর। উহার উপকাৰিত্ব বর্ণনা কর।

৮। সচবাচব ব্যবহারোপযোগী বিভিন্ন বৃত্তাকার কোণসঙ্কলন যন্ত্র বর্ণনা কর, এবং প্রত্যেকের সুরবিধা ব্যাখ্যা কর।

৯। থিনির ডায়ালে ই এবং ডব্লিউ বিন্দুদ্বয়ের প্রাভাবিক স্থানের পরিবর্তে কেন স্থান বিনিময় হইয়াছে বিশদরূপে ব্যাখ্যা কর।

পঞ্চম অধ্যায় ।

চুম্বকশলাকা দ্বারা জরিপ (magnetic needle survey).

যে মহদ্বৃত্ত (great circle) কোন এক স্থান এবং উত্তর ও দক্ষিণ
মেরু ভেদ করে, তাহাকে ঐস্থানের প্রকৃত কিম্বা
ভৌগলিক মধ্যরেখা বলে। অতএব সুমেরু অভিমুখী
মধ্যরেখাই ঐ স্থানের প্রকৃত উত্তর (true north)।
উত্তর ও দক্ষিণ মেরু অচা. সূত্রাং প্রকৃত উত্তর অপরি-
বর্তনশীল, অর্থাৎ সকল সময়ে একই দিকে থাকে। চৌম্বক মধ্যরেখা প্রকৃত
মধ্যরেখা ইহতে সাধারণতঃ ভিন্ন। ভারগৌ সরাইয়া শলাকাকে সমতুল করিলে
উহা ক্ষিতিজ তলে ঘুরিয়া ফিরিয়া স্থির হইয়া যে দিক নির্দেশ করে, তাহা
দ্বারা অভীষ্ট স্থানে চৌম্বক মধ্যরেখা নির্দ্ধারিত হয়। অতএব শলাকার উত্তরাভিমুখী
প্রান্ত চৌম্বক উত্তর সূচিত করে। ঐ প্রান্তকে উত্তরাশ্বেষী প্রান্ত (north
seeking end) বলে।

চৌম্বক মধ্যরেখা প্রকৃত মধ্যরেখার সহিত সর্বদা সর্বত্র মিলিত হয় না।
বস্তুতঃ ভূপৃষ্ঠে খুব অল্প স্থানেই উহাদের মিলন সংঘটিত
হয়। বহু পূর্বে (দুই হইতে তিন শত বৎসরের মধ্যে)
উহারা লগুনে একবার মিশিয়াছিল ; কিন্তু এবৎসর
যেস্থানে মিলিবে আগামী বৎসর তথায় উহাদের মিলন হইবে না। কারণ
প্রত্যেক জায়গায় প্রকৃত উত্তর এবং চৌম্বক মধ্যরেখার মধ্যবর্তী কোণের কালক্রমে
হ্রাসবৃদ্ধি হয়। প্রকৃত উত্তরের সহিত চৌম্বক উত্তর যে কোণ জাত করে
তাহাকে চৌম্বক বলন (magnetic declination), এবং ঐ কোণের
বাৎসরিক পরিবর্তনকে অর্থাৎ হ্রাসবৃদ্ধিকে যুগব্যাপী বলনবিকার বলে। নিম্নে
১৮৯৮ খ্রীষ্টাব্দের বিভিন্ন স্থানীয় চৌম্বক বলন দেওয়া হইল। উহাতে
নানাস্থানের বলনের পার্থক্য দৃষ্ট হইবে।

স্থান।	বলন।
লগুন	১৬° ৭৪' উদ্‌লিউ (W)
বাসেল্‌স্	১৪° ১১' ..
কোপনহেগেন	১০° ১৯' ..
বার্লিন	১০° ০৫' ..
ভায়েনা	৮° ১৭' ..
হংকং	০° ১১' ই (E)
মেলবোর্ণ	৮° ১০' ..

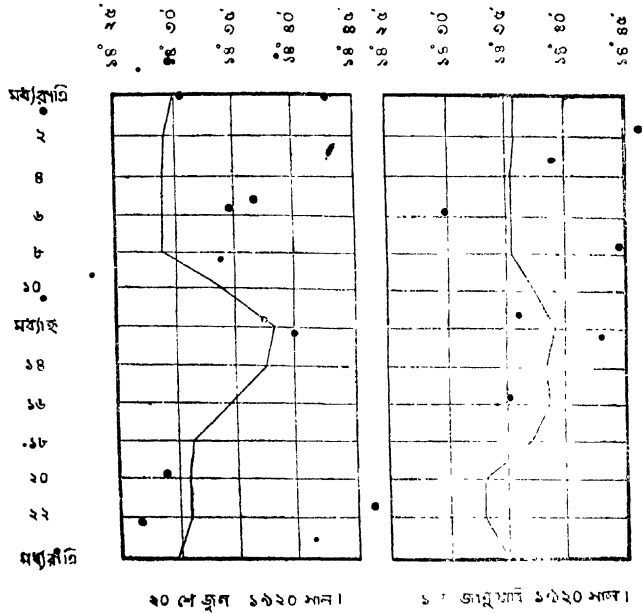
নিম্নে বহু বর্ষ ধবিয়া লগুনের যুগব্যাপী বলনবিকার তালিকা
প্রদত্ত হইলঃ—

বৎসর।	বলনবিকার।
১৫৮০	১১° ১৫'
১৬১১	৬° ০০' ..
১৬৫৭	০° ০' ..
১৬৯১	৬° ০০' উদ্‌লিউ
১৭১১	১৫° ১৭'
১৭৭৩	১০° ০৯'
১৮১১	১৫° ০৮'
১৮২০	১৭° ৩৪'
১৮৬০	১১° ৫০'
১৯০০	১৬° ৩১'
১৯১৬	১৫° ৫১'
১৯১৭	..
১৯১৮	..
১৯১৯	..

ভারতবর্ষে বিভিন্ন স্থানের বহু বৎসরব্যাপী চৌম্বক বলনবিকার তালিকা নিম্নে দেওয়া হইল :—

বৎসর।	কলিকাতা, চন্দননগর, বাবুগঞ্জ	বালেশ্বর	দেবগির	করাচি	জালিবাগ।	জগদলপুর।	কোণারহাটকেন্দ্র।
১৯০০	১° ০০' উত্তর	.....	.....	.....	.....	.....	.....
১৯০১	.....	৮° ৪০' উত্তর	.....	.....	.....	.....	.....
১৯০২	৪° ০৭' উত্তর	.....	.....	.....	.....	.....	.....
১৯০৩	৩° ০০' উত্তর	.....	.....	.....	.....	.....	.....
১৯০৪	০° ০০' উত্তর	.....	.....	.....	.....	.....	.....
১৯০৫	২° ৪১' উত্তর	.....	.....	.....	.....	.....	.....
১৯০৬	২° ২১' উত্তর	.....	.....	.....	.....	.....	.....
১৯০৭	২° ০১' উত্তর	.....	.....	.....	.....	.....	.....
১৯০৮	১° ২১' উত্তর	.....	৪° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	২° ২৫' উত্তর
১৯০৯	১° ০১' উত্তর	.....	৪° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	২° ২৫' উত্তর
১৯১০	০° ২১' উত্তর	.....	৪° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	২° ২৫' উত্তর
১৯১১	০° ২১' উত্তর	.....	৪° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	২° ২৫' উত্তর
১৯১২	০° ২১' উত্তর	.....	৪° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	১° ২১' উত্তর	২° ২৫' উত্তর

সত্যক হইয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যায়, বাল্মনের যুগবাপী অল্প অল্প বিকার
বাতীত উঠার দৈনিক হ্রাসবৃদ্ধি হয়। এই হ্রাসবৃদ্ধিকে
দৈনিক বলনবিকার (diurnal variation) দৈনিক কলনবিকার বলে। কিউ (Kew) নামক
স্থানে (৭৪ম চিত্র) গ্রীষ্মকালে—সন্ধ্যা ৬ $\frac{১}{২}$ টা এবং সকাল
১০ $\frac{১}{২}$ টায় দৈনিক মধ্যমস্থান (mean position) অতিক্রম করিয়া—বেলা ১টার



সময় পশ্চিমে ১০ $\frac{১}{২}$ এবং প্রাতে ৭টায় পূর্বে ৬ $\frac{১}{২}$ শলাকার সর্বাপেক্ষা অধিক
দৈনিক বলনবিকার লক্ষিত হইয়াছিল। শীতকালে সন্ধ্যা ৭টায় এবং প্রাতে
১০টায় দৈনিক মধ্যমস্থান অতিক্রম করিয়া বেলা ১ $\frac{১}{২}$ টায় উদ্ধ সংখ্যা ৫ $\frac{১}{২}$ পশ্চিমে
এবং প্রাতে ৮টায় উদ্ধ সংখ্যা ৩ $\frac{১}{২}$ পূর্বে শলাকায় দৈনিক বলনবিকার লক্ষিত
হইয়াছিল। আরও সময়ে সময়ে চৌম্বক ঝটিকা (magnetic storm) দ্বারা
অনিয়মিত বলনবিকার হইয়া থাকে। ঐ ঝটিকার সহিত বজ্রপতনের কোনও
সম্বন্ধ নাই; এবং ভীষণ ঝজাঘাত শলাকাকে বিচলিত করিতে পারে না। যখন
উদীচ্যালোক (Aurora Borealis) কিম্বা সৌরকলঙ্ক (sun spot) দেখা দেয়,
তখন প্রায়ই চৌম্বক ঝটিকা হয়।

চৌম্বক্যাবনতি
(magnetic dip)।

শলাকার বলনের ন্যায় চৌম্বক্যাবনতিরও বর্ষে বর্ষে
হ্রাসবৃদ্ধি হয়। নিম্নে লণ্ডনের কয়েক বৎসরের অব-
নতির তালিকা প্রদত্ত হইল :—

খ্রীষ্টাব্দ।		অবনতি।	
১৬০০	...	৭২°	০০'
১৭০০	...	৭৪°	০০'
১৮০০	...	৭০°	৩৫'
১৮৫০	...	৬৮°	৪৮'
১৮৮০	...	৬৭°	৩৫'
১৮৯০	...	৬৭°	২৩'
১৯০০	...	৬৭°	০৯'
১৯১৪	...	৬৬°	৫১'

ভারতবর্ষে বিভিন্ন স্থানের কয়েক বৎসরের অবনতি নিম্নে প্রদত্ত হইল :—

সাল।	দেরাদুন।	করাচি।	আলিবাগ।	জম্মলপুর।	কোদাউকেনাল।	বাবাকপুর।
১৯০২	৪১° ০৬'	১১° ২৬'	২২° ১৯'	১০° ১৯'	২° ৫৮'	১০° ০৬'
১৯০৯	৪১° ৪৪'	১৪° ১৯'	২১° ২৫'	১১° ০১'	১° ৩৬'	১০° ৩৫'
১৯১৭	৪৪° ৪০'	১৫° ২৭'	২৪° ১৪'	১২° ০২'	৪° ২৯'	১১° ০৮'
১৯১৮	৪৬° ৪৭'	১৫° ১৬'	২৪° ৪২'	১২° ০৯'	৪° ১৫'	১১° ১২'
১৯১৯	৪৪° ৫৪'	১৫° ৪৪'	২৪° ৫১'	১০° ১৭'	৪° ৪২'	১১° ১৬'

দৈনিক বলনবিকারের বিষয় পূর্বের যাহা আলোচিত হইয়াছে তাহা হইতে
বুঝা যায়, সতর্ক হইয়া সংশোধন না করিলে শলা-
কার সাহায্যে নির্ভুল কার্য্য করিতে যাওয়া বুঝা।
ব্রিটেন দ্বীপপুঞ্জ গ্রীষ্মকালে দৈনিক বলনবিকার প্রায়
১৭'। অতএব জরিপকারী উহা গণনা না করিলে তাঁহার কার্য্যে সিকি ডিগ্রির
অধিক ভুল হইবে। তথাপি অনেক দৈনিক বলনবিকার উপেক্ষা করিয়া কেবল
মাত্র মধ্যবলন (mean declination) গণনা করিয়া কার্য্য করেন।

নক্সায় দৈনিক জরিপকার্য অঙ্কিত করিতে ভৌগোলিক মধ্যরেখা ব্যবহার করা সুবিধাজনক। এ বিষয়ে কিছুমাত্র সন্দেহ নাই। চৌম্বক মধ্যরেখা গ্রহণ করিলে প্রতিবৎসর উহাকে পরিবর্তন করিতে হইবে, কাজেই নক্সা অপরিচ্ছন্ন হইবে; কিন্তু ভৌগোলিক মধ্যরেখা অপরিবর্তনশীল। আরও যদি চৌম্বক মধ্যরেখার বাৎসরিক মধ্যমস্থান নক্সায় অঙ্কিত হইয়া ব্যবহৃত হয়, তবে দৈনিক বলনবিকার এবং চৌম্বক ঝটিকা গণনা না করিলে কিছু ভুল হইবার আশঙ্কা থাকে। দৈনিক বলনবিকার উপেক্ষা করিলে কোন রেখা চৌম্বক মধ্যরেখার সহিত যে কোণ করে, তাহা হইতে ঐ রেখা প্রকৃত মধ্যরেখার সহিত যত কোণ করিবে, গণনা করা সহজ। ঐরূপ করিতে কেবলমাত্র যোগবিয়োগ আবশ্যক হয়। অতএব প্রতিদিন চৌম্বক মধ্যরেখার সহিত যে সকল রেখার কোণ মাপা হয়, তাহা হইতে সেই সকল রেখা প্রকৃত মধ্যরেখার সহিত কত কোণ করে অনায়াসে গণিত হইতে পারে।

মনে কর, চৌম্বক বলন $১৬^{\circ} ১৫'$ ডব্লিউ।

তবে পুস্তকে যদি একটা কোণ এন্ $১৫^{\circ} ৩০'$ ডব্লিউ লিখিত হয়, তাহা হইলে প্রকৃত উত্তরের সহিত উহা $(১৫^{\circ} ৩০' + ১৬^{\circ} ১৫')$ এন্ $৪১^{\circ} ৪৫'$ ডব্লিউ হইবে।

অথবা কোনও কোণ এন্ $৬৭^{\circ} ৪৫'$ ই লেখা থাকিলে $(৬৭^{\circ} ৪৫' - ১৬^{\circ} ১৫')$ এন্ $৫১^{\circ} ৩০'$ ডব্লিউ হইবে।

পুনঃ এন্ $৫^{\circ} ০০'$ ই থাকিলে $(১৬^{\circ} ১৫' - ৫^{\circ} ০০')$ এন্ $১১^{\circ} ১৫'$ ডব্লিউ হইবে।

কিন্তু যদি দৈনিক বলনবিকার জন্য সংশোধন আবশ্যক বিবেচিত হয়, তবে বলন $১৬^{\circ} ১৫'$ ডব্লিউয়ে স্থির না ধরিয়া গ্রীষ্মকালে প্রাতে ৭ টার সময় প্রায় $১৬^{\circ} ১৬'$ ডব্লিউ হইতে মধ্যাহ্ন ১টায় প্রায় $১৬^{\circ} ০৯'$ পর্যন্ত পরিবর্তিত হইবে, এইরূপ ধরা উচিত। সুতরাং পুস্তকে কোণ লিখবার কালে সময়ও লিখিয়া রাখিতে হইবে, এবং নক্সা করিবার কালে যে সময়ে কোণ মাপা হইয়াছিল, সেই সময় যত বলন, তাহা আনুপাতিক হিসাবে স্থির করিয়া পূর্বোক্তরূপে প্রকৃত মধ্যরেখার সহিত কোণ হিসাব করিতে হইবে। এবম্বিধ হিসাব করা স্বভাবতঃই বিশেষ অসুবিধাজনক। ইহাতে ক্ষেত্র-পুস্তকে লেখাগুলি ঘনসন্নিবিষ্ট হয়, এবং মধ্যে মধ্যে ভুল হওয়াও সম্ভব।

কোন রেখা চৌম্বক মধ্যরেখার সহিত যত কোণ করে, তাহা হইতে বলন সংশোধন বাতীত ভৌগোলিক মধ্যরেখার সহিত ঐ রেখা যত কোণ করিবে নির্ণয় করিতে হইলে যন্ত্রের দৃষ্টিরেখা এরূপ স্থানে রাখিয়া আবদ্ধ (clamp) করিতে হইবে, যাহাতে শলাকা আপনা হইতেই ভৌগোলিক মধ্যরেখার সহিত কোণের পাঠ দেয়। এই উপায়ই সর্বাপেক্ষা উত্তম। যথা, মনে কর, দৈনিক মধ্যবলন $১৭^{\circ} ১২'$ ডব্লিউ। যদি দৃষ্টিরেখাকে $১৭^{\circ} ১২'$ বামে সরাইয়া

আবদ্ধ করিয়া দেওয়া হয়, তবে স্পষ্ট প্রতীয়মান হইবে, শলাকা ডায়ালের এন্. এসু. রেখায় থাকিলে দৃষ্টিরেখা ভৌগোলিক উত্তরে থাকিবে। এই উপায়ে পাঠ করিয়া পুস্তকে লিখিত কোণ সমূহ প্রকৃত উত্তরের সহিত কোণ হইবে, এবং ইহাতে কোন হিসাবের প্রয়োজন হইবে না। এই প্রণালী অনুসারে দৈনিক বলন-বকারের জন্য সংশোধন অনেক সহজ। কারণ জরিপকারী কার্য করিবার সময় ঘড়ি দেখিতে পারেন, এবং দৃষ্টিরেখাকে গ্রীষ্মকালে প্রাতে প্রায় ৭টার সময় $19^{\circ} 06'$ এ রাখিয়া ধীরে ধীরে আবর্তন করতঃ 10° টায় $19^{\circ} 12'$ এ এবং মধ্যাহ্নে 1° টায় $19^{\circ} 22'$ এ রাখিতে পারেন। শীতকালে দৃষ্টিরেখাকে এত অধিক সরাইতে হইবে না। এই উপায়ে চৌম্বকশলাকা ব্যবহার করিলে অগ্ন্যায়াসে অমেরুটা সূক্ষ্ম কাজ করা যাইতে পারে। চৌম্বক বাটিকা এড়ান উচিত। উহার জন্য শলাকা কিহু হেলিয়াছে কি না তাহা দূরবত্তী জবা, যথা একটা গিঞ্জার চূড়া, কর্তন করিলেই সহজে ধরা পড়ে। কয়লাখনিয় ফিস হইতে চূড়া ভৌগোলিক মধ্যরেখার সহিত কত কোণে আছে জানা থাকিলে জরিপকার্য আরম্ভ করিবার পূর্বে, একবার চূড়াকে কর্তন করিয়া বলনের পাথকা দৃষ্ট হইলে, বাটিকার অস্তিত্ব প্রমাণ হইবে, এবং তদনুযায়ী কোণগুলিও শোধন করিতে হইবে।

ভারতবর্ষের দৈনিক বলনবিকার ইংলণ্ডের মত অধিক নহে। দেহাদুনে মে মাসে, চৌম্বক মধ্যরেখার মধ্যমস্থান হইতে প্রাতে ৮টার সময় $3^{\circ} 45'$ হইতে মধ্যাহ্নে 1° টায় $3^{\circ} 6'$ ডব্লিউ পর্যন্ত বলনবিকার দেখা হইয়াছিল। নবেম্বর মাসে প্রাতে ৯টার সময় $0^{\circ} 45'$ হইতে মধ্যাহ্নে $1^{\circ} 3'$ ডব্লিউ হইয়াছিল। অতএব গ্রীষ্মকালে উল্লসংখ্যা $4^{\circ} 3'$ এবং শীতকালে নিম্নসংখ্যা $1^{\circ} 1'$ বলনবিকার হইয়াছিল।

খনির ভিতরে টেসনকে (যেখানে কম্পাস বসান হয় কিম্বা যাহাকে দেখা হয়) স্থায়রূপে চিহ্নিত করিতে এবং শীঘ্র খুঁজিয়া বাহির করিতে হইলে চালে একটা ক্ষুদ্র গর্ত করিয়া খড়িমাটি দ্বারা চতুর্দিকে একটা বৃত্ত অঙ্কিত করিতে হইবে। পরে গর্ত হইতে একটা ওলন বুলাইয়া ডায়াল বসান হয়; এরূপ করিতে হইলে চাল উত্তম এবং অনুচ্চ হওয়া আবশ্যিক। চাল উচ্চ হইলে উহার লাগাইল পাওয়া যাইবে না। চাল খারাপ কিম্বা উচ্চ হইলে তলিতে, গর্ত করিয়া দুই এক ইঞ্চি মোটা খুঁটা পুতিয়া টেসন্ চিহ্ন রাখা হয়। অনেক ডায়ালের নীচে আঁকড়া থাকে; ইহাতে ওলন বুলাইয়া টেসনে যত্ন বসান সহজ।

ঋজু সূঁদ চালাইবার জন্য চালে কেন্দ্র রেখায় দুইটা গর্ত করিয়া উহা হইতে সূতা দ্বারা ওলন কিম্বা প্রস্তরখণ্ড বুলাইতে হইবে। কাজ আরম্ভ করিবার পূর্বে ঋনকগণ প্রতিদিন ঐ দুই সূতার সাহায্যে সূঁদমুখে কেন্দ্ররেখার দাগ দিবে। এরূপ করিলে রাস্তা ঋজু থাকিবে। দুইটা অপেক্ষা তিনটা সূতা ব্যবহার করা শ্রেয়ঃ; কাবণ অল্প চাল পড়িয়া যাইলে একটা গর্ত নষ্ট হইয়া যাইতে

পারে। উপায়ান্তরে চালে বরাবর কেন্দ্ররেখা টানা থাকিলে উহা হইতে খনকগণ
সুন্দর স্বজু চালাইতে পারিবে।

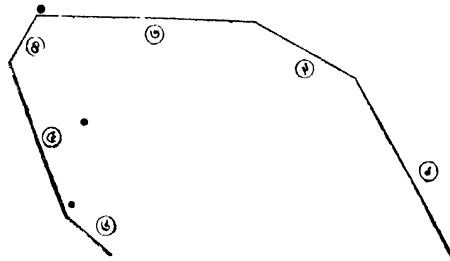
খনির ভিতরে সমস্ত জরিপই ট্রান্সার্স (traverse) জরিপ। কতক-

চুম্বক শলাকা দ্বারা
জরিপ (magnetic
needle survey)।

গুলি স্বজুরেখা স্থির করা। ছই রেখার সংযোগস্থলে
ষ্টেসন্ চিহ্ন দেওয়া। রেখা সমূহের দিক নির্ণয় করা, ছই
ষ্টেসনের মধ্যবর্তী দূরত্ব অর্থাৎ প্রত্যেক রেখা মাপ করা।
এবং রেখা হইতে আবশ্যিকমত শাখাদূরত্ব পরিমাণ করার
নামই ট্রান্সার্স জরিপ। নজর করিবার সময় চৌম্বক কিসা প্রকৃত উত্তরের মধ্যে যে
কোণ একটাকে ভূমিরেখা ধরা যাঠিতে পারে। ভূমিরেখা যাঠাই হউক না কেন,
জরিপ করিবার পদ্ধতি সমান। ক্ষেত্র-পুস্তকে চুম্বকশলাকা দ্বারা জরিপ
সরলভাবে লিখিবার প্রণালী নিম্নে প্রদত্ত হইল। ইহাতে কেবলমাত্র মূল
ট্রান্সার্সের রেখা দেখান হইয়াছে। শাখাদূরত্ব দেওয়া হয় নাই।

ষ্টেসন।	নিষ্কারি অর্থাৎ চৌম্বক মধ্যরেখার মহিত কোণ।	দূরত্ব।
১	এন ৭৭° ১/২ ডব্লিউ	১৪৬
২	এন ৮৯° ডব্লিউ	১১০
৩	এস ৩১° ১/৪ ডব্লিউ	১৭৫
৪	এস ১° ১/৪ ডব্লিউ	৬০
৫	এস ৪৯° ই	১৯৬
৬	এস ৭৮° ১/৪ ই	৭৫

উপরোক্ত জরিপটিকে ৭৫ম চিত্রে ১০-ফুট = ১ ইঞ্চি মানানুযায়ী নক্সা
করা হইয়াছে।



৭৫ চিত্র। মান ২০০' = ১"।

চুম্বকশলাকার সাহায্যে খন্নির অভ্যন্তরে জরিপ করিবার পদ্ধতি বর্ণিত হইতেছে। পূর্ব জরিপের শেষ ষ্টেসন্ যদি বিনষ্ট না হইয়া থাকে তাহা হইলে জরিপকারী উহা হইতে কার্য আরম্ভ করিবেন। ঐ ষ্টেসন্ হইতে দুইটী রাস্তার বিয়ারিং (bearing) অর্থাৎ উহাদের কেন্দ্রেখা চৌম্বক মধ্যরেখার সহিত কত কোণ করে তাহা মাপ করিতে হইলে ঐ স্থানে যন্ত্র বসাইবার আবশ্যক হইবে। কিন্তু যদি কেবল একটীর বিয়ারিং প্রয়োজন হয়, তবে পরবর্তী ষ্টেসনে যন্ত্র বসাইলেই চলিবে। সম্ভবমত ষ্টেসন্গুলি চৌমাথা রাস্তায় হওয়া উচিত। উহাতে দুইদিকে বিয়ারিং লওয়া যায়, এবং পূর্ব জরিপস্থ কোন একটা ষ্টেসনের বিয়ারিং ও দূরত্ব মাপিয়া কাজ ঠিক হইয়াছে ক্রি না পরীক্ষা করা চলে। 'ডায়াল কাজ করিবার সময় প্রধানতঃ ইহা স্মরণ রাখিতে হইবে' যে, যেস্থানে যন্ত্র বসান হইয়াছে তথা হইতে একটী দূরবর্তী বিন্দুর অথবা ষ্টেসনের বিয়ারিং লইতে হইলে এস্ হইতে এন্ দিকে দেখিতে হইবে। তবে উত্তরাধ্বযী প্রান্তে নির্ভুল বিয়ারিং দিবে। মনে কর. ডায়াল ক এবং গ এর মধ্যবর্তী খ বিন্দুতে বসান হইয়াছে। অতএব যন্ত্রকে না সরাইয়া কখ এবং খগ এই উভয়েরই বিয়ারিং লওয়া যাইতে পারে। কখ এর বিয়ারিং লইতে হইলে এন্ হইতে এস্ দিকে দেখিতে হইবে। ইহাতে খক এর উণ্টা বিয়ারিং অর্থাৎ কখ এর বিয়ারিং পাওয়া যাইবে। ডায়াল দ্বারা দেখা যায় এইরূপ সুবিধামত স্থানে গ বিন্দু লইবে। তথায় চালে কিংবা তলিতে একটী স্থায়ী চিহ্ন রাখিয়া ঐস্থানে রসি দ্বারা একটা ওলন বুলাইবে। রসির পশ্চাতে একটা বাতি ধরিবে। যেন রসির ছায়া ডায়ালের দিকে থাকে। পরে খগ এর বিয়ারিং পাঠ করিবে। অতঃপর খ এর কোনও নির্দিষ্ট দিকে গ ষ্টেসন্ করিতে হইলে ডায়ালকে প্রকারে বসাইবে যাহাতে উহার এস্ এন্ রেখা (দৃষ্টিরেখা) উক্ত দিকে থাকে। জরিপকারী যন্ত্রের নিকট হইতে যেস্থানে গ ষ্টেসন্ হইবে, তথায় তাহার সহকারীকে বাতি একদিক হইতে অত্ৰদিকে সরাইবার জন্ত পূর্ব-স্থিরীকৃত পদ্ধতি অনুসারে সঙ্কেত করিবেন। বাতি সরাইতে সরাইতে উহা ডায়ালের বালাম্টির সহিত ঠিক একরেখায় হইলে সহকারীকে ঐস্থানে একটা চিহ্ন রাখিতে আদেশ করিবেন। চিহ্ন রাখিয়া উহা ঠিক হইল কি না পরীক্ষা করা উচিত।

যন্ত্রের তেপায়া বাতীত দুইটী অতিরিক্ত তেপায়া ব্যবহার করিলে কার্য যৎ ক্রমত সুসম্পন্ন হয়, তাহা সহজেই অনুমেয়। কারণ পশ্চাদবর্তী ষ্টেসনে যথাস্থাপিত তেপায়াতে কেবল বাতি রাখিলেই চলিবে। তথায় কোন লোক থাকিবার আবশ্যক নাই, এবং ডায়ালকে উহার তেপায়া হইতে খুলিয়া আগ্রের তেপায়াতে লইয়া যাইতে যে সময় লাগে, তাহার মধ্যেই পশ্চাতের তেপায়াটী উঠাইয়া লইয়া যথাস্থানে বসান যাইবে।

	১৭৬	১৭৬	১৭৬
	১৭৬	১৭৬	১৭৬
	১৭৬	১৭৬	১৭৬
	১৭৬	১৭৬	১৭৬
৩।২৫ ১০০ ডবলড	১৭৬	১৭৬	১৭৬
২।২৫ ৭০ ডবলড	১৭৬	১৭৬	১৭৬
১।২৫ ৪০ ডবলড	১৭৬	১৭৬	১৭৬

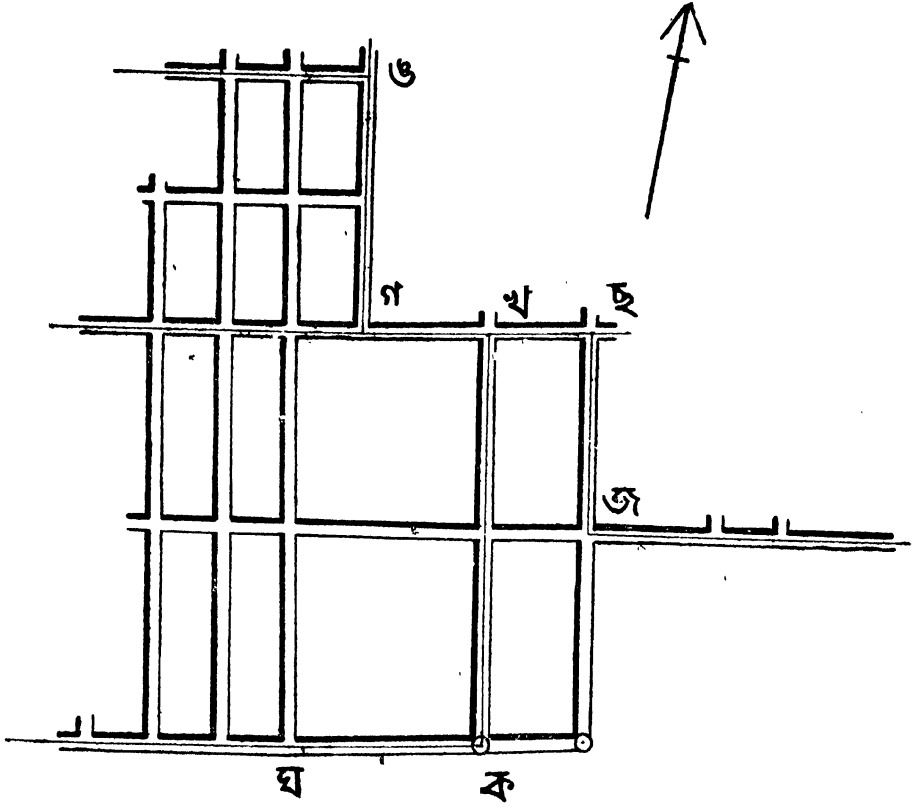
	১৭৬	১৭৬	১৭৬
	১৭৬	১৭৬	১৭৬
	১৭৬	১৭৬	১৭৬
	১৭৬	১৭৬	১৭৬
৩।২৫ ১০০ ডবলড	১৭৬	১৭৬	১৭৬
২।২৫ ৭০ ডবলড	১৭৬	১৭৬	১৭৬
১।২৫ ৪০ ডবলড	১৭৬	১৭৬	১৭৬

	১৭৬	১৭৬	১৭৬
	১৭৬	১৭৬	১৭৬
	১৭৬	১৭৬	১৭৬
	১৭৬	১৭৬	১৭৬
৩।২৫ ১০০ ডবলড	১৭৬	১৭৬	১৭৬
২।২৫ ৭০ ডবলড	১৭৬	১৭৬	১৭৬
১।২৫ ৪০ ডবলড	১৭৬	১৭৬	১৭৬

	১৭৬	১৭৬	১৭৬
	১৭৬	১৭৬	১৭৬
	১৭৬	১৭৬	১৭৬
	১৭৬	১৭৬	১৭৬
৩।২৫ ১০০ ডবলড	১৭৬	১৭৬	১৭৬
২।২৫ ৭০ ডবলড	১৭৬	১৭৬	১৭৬
১।২৫ ৪০ ডবলড	১৭৬	১৭৬	১৭৬

৭৬ চিত্র—খনির ভিতরস্থ ভারপের ক্ষেত্র-পৃষ্ঠকী ইটতে পব পর কয়েক পৃষ্ঠা : স্ফদ এবং কাথির কাণ্ড।

যথায় শাখাদূরত্ব আবশ্যক কিম্বা রাস্তা ইত্যাদি বিস্তারিত ভাবে নক্সায় দেখাইতে হইবে, তথায় ৭৬ম চিত্রে প্রদর্শিত উপায়ে পুস্তক লিখিতে হইবে। এই পদ্ধতিতে পুস্তকের পাতার মধ্যস্থলে নিম্ন হইতে উপরের দিকে ট্রান্সবের রেখা সমূহ অঙ্কিত হয়, এবং ঐদিকে উহাদের দূরত্ব সূচক অঙ্কগুলিও লিখিত হয়।

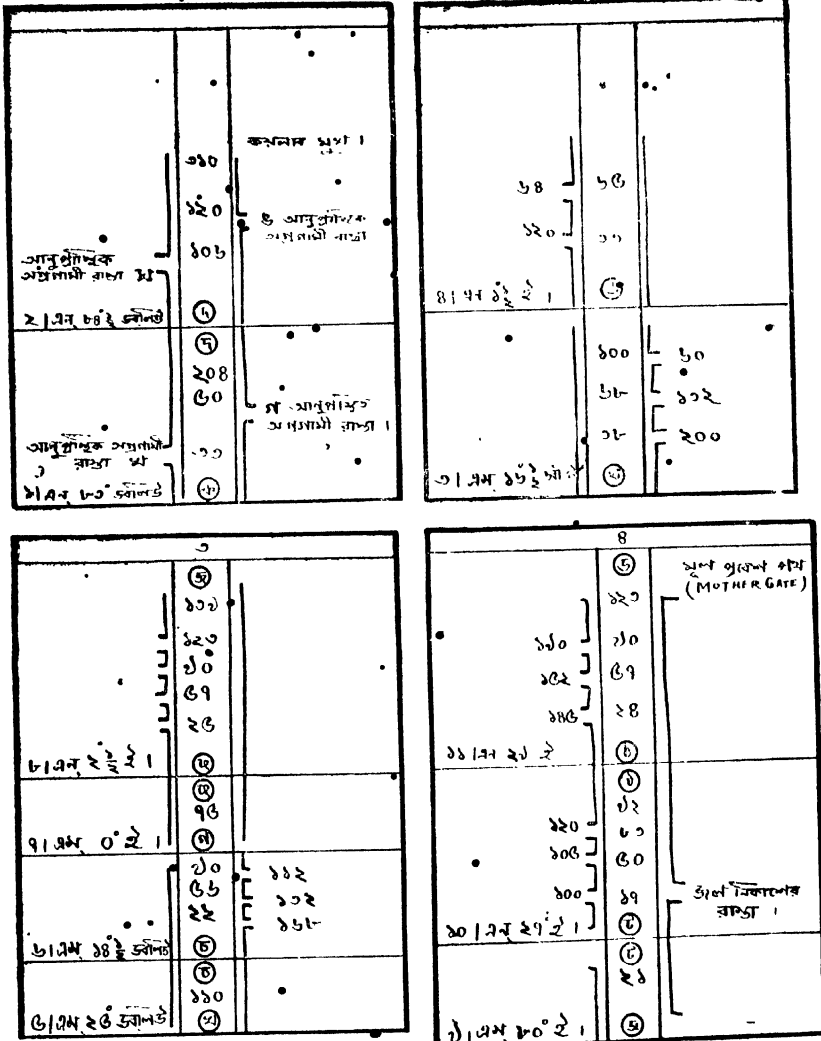


৭৭ চিত্র।

মান ১০০'--১"।

ঐ অঙ্কগুলি যাহাতে শাখাদূরত্ব জ্ঞাপক অঙ্কের সহিত মিশিয়া না যায়, সেইহেতু ছুইটী রেখা টানিয়া লওয়া হয়। কোণ অথবা বিয়ারিং বামে লিখিত হয়, এবং যেখানে জরিপের রেখার দিক পরিবর্তন হইলে সেইখানে পাতার মধ্যস্থলে একটী রেখা টানা হয়।

সুঁদ এবং কাঁথির কার্যো (bord and pillar working) পুস্তক লিখন
প্রণালী ৭৬ম চিত্রে দেখান হইল, এবং ৭৭ম চিত্রে উহার নক্সা ১০০ ফুট = ১ ইঞ্চি



৭৬ চিত্র — খনির ভিতরস্থ করিয়ার ক্ষেত্র পুস্তক হইতে পর পর কয়েক পৃষ্ঠা ; দীর্ঘ প্রাচীর উপায়ে কাটা হইতেছে।

মানান্তসারে অঙ্কিত হইল। যেস্থানে দীর্ঘ প্রাচীর (long wall) নামক উপায়ে কয়লা নিঃশেষিত হইতেছে সে স্থানের জরিপ করিবে পুস্তকে লিখিত হয়

তাঁহা ৭৮ম চিত্রে, এবং ২০০ ফুট = ১ ইঞ্চি মানানুযায়ী ঐ জরিপের নক্সা ৭৯ম চিত্রে দেখান হইল।

সাধারণতঃ খনির ভিতরে রাস্তা সকল সমান চওড়া করিয়া চালান হয়। অতএব উহাদের প্রস্থ নক্সায় দেখাইবার জ্ঞাত শাখাদূরত্ব জরিপের নক্সা (plotting the survey) লইবার আবশ্যক নাই। নক্সা করিবার সময় ডায়ালের দৃষ্টিরেখা রাস্তার কেন্দ্র দিয়া গমন করিয়াছে ধরিয়া লওয়া হয়, যদিও অনেক স্থলে এরূপ যায় না। হলেজ রাস্তাকে ঋজু রাখিবার নিমিত্ত

৬		
	১১	
	৬৭	
	৫৬	
১৩।২৩ ১/২ ফুট	(৬)	
	২৩৬	১২০০
আনুপ্রাথমিক অনুসন্ধান রাস্তা	২০০	
	২২	৮ আনুপ্রাথমিক অনুসন্ধান
১২।২৩ ৮-৮ ফুট	(৭)	

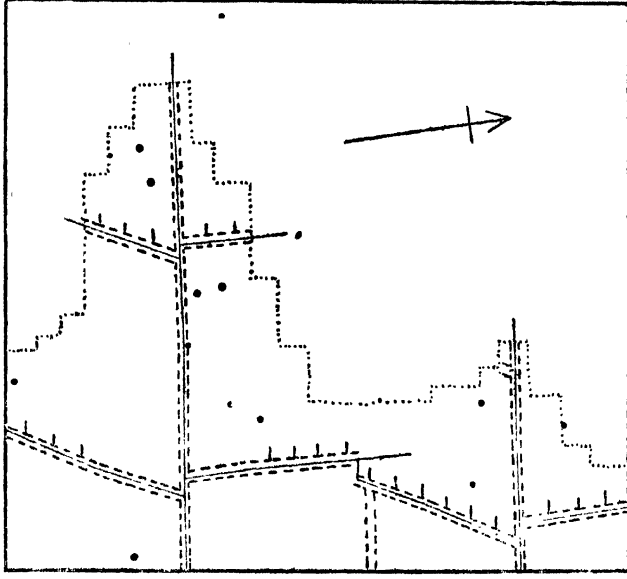
৭৮ চিত্র দেখ হইল।

উহাদিগকে, এবং অত্যন্ত বিশেষ কার্যের জ্ঞাত যে সকল রাস্তা ঋজু রাখা আবশ্যক সেই রাস্তাগুলিকে, যন্ত্রের দৃষ্টিরেখার সহিত শাখাদূরত্ব লইয়া সূক্ষ্মভাবে জরিপ করা উচিত। সুতরাং জরিপ নক্সা করিতে হইলে সচরাচর দৃষ্টিরেখা সমূহ নক্সায় যথাস্থানে টানিতে হইবে। উহাদিগকে প্রায়ই পেন-সিলে টানা হয়, কচিং লাল কালী ব্যবহৃত হয়; এবং সূক্ষ্ম সূচাগ্রের সাহায্যে কাগজে ছিদ্র করতঃ উহা কালী পূর্ণ করিয়া ট্রেসন্ অথবা কোণিক বিন্দুর স্থায়ী চিহ্ন রাখা হয়। কেন্দ্ররেখা অথবা দৃষ্টিরেখা সকল সুন্দররূপে যথাযথভাবে

অঙ্কিত হইলে রাস্তার কিনারা অর্থাৎ কয়লার ধার সমূহ কালী দিয়া টানিতে হইবে।

কোন একই ট্রেসন্ নক্সায় অঙ্কিত করিবার পর, উহার মধ্য দিয়া ক্ষেত্র-পুস্তকে লিখিত দিকে একটা রেখা টানিতে হইলে ৭২ম চিত্রে প্রদর্শিত কার্ডবোর্ড নির্মিত বৃত্তাকার কোণঅঙ্কনযন্ত্রের সাহায্য লইতে হইবে। অতীষ্ট দিকে ঐ যন্ত্র বসাইবে। মন কর, এন্ ৩০° ই দিকে কিম্বা দক্ষিণ হইতে বামে এন্ ৩০° ডব্লিউ দিকে রেখা টানিবার নিমিত্ত সমরেখাকর্ষণ (ruller) বসান হইয়াছে। রেখাকর্ষণটি গড়াইয়া নক্সায় ঠিক ট্রেসনে লইয়া আবশ্যকমত দিকে রেখা টানিবে। অঙ্কিত রেখায় পরবর্তী ট্রেসনের দূরত্ব মানানুসারে মাপিয়া বসাইবে, এবং ঐ নূতন বিন্দুর মধ্য দিয়া ক্ষেত্র-পুস্তকে লিখিত পরবর্তী দিকে রেখা টানিবে। এপ্রকারে পর পর ট্রেসনগুলি অঙ্কিত করিবে। যন্ত্র না উঠাইয়া রেখাকর্ষণ ব্যবহার করা অসম্ভব

হইলে, উহা উঠাইবার পূর্বে পেনসিল দ্বারা অল্প জোরে সমস্ত কোণের দাগ রাখিতে হইবে।

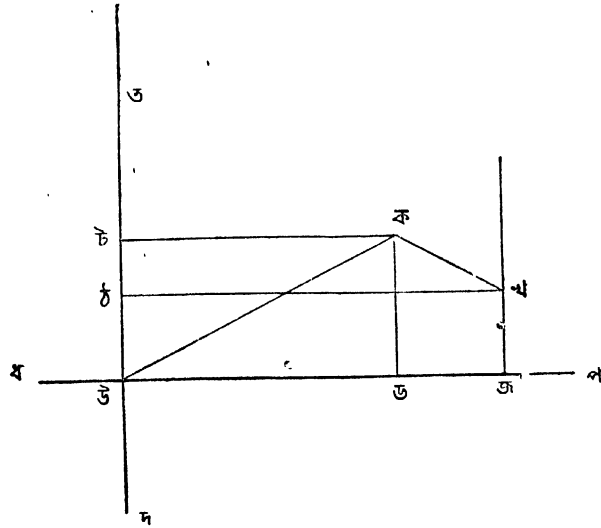


৭৯ চিত্র। মান ২০০' - ১"।

জরিপের ষ্টেশনসমূহ পর পর অঙ্কিত করিলে অঙ্কনে ক্রমান্বয়ে ভুল সঞ্চয় হয়। সমকোণী ভুক্তযুগ্মের সাহায্য লইলে এবস্থিধ ভুল সঞ্চয় হয় না। এই প্রণালীতে প্রত্যেক ষ্টেশন প্রারম্ভ বিন্দু হইতে অঙ্কিত হয়। প্রারম্ভ স্থানকে উৎপত্তি বিন্দু (origin) এবং উত্তরদক্ষিণ ও পূর্ব-পশ্চিম দিক্কে অক্ষরেখা (axes of coordinates) ধরা হয়। ৮০ম চিত্রে উক ও কথ রেখা জরিপ করা হইয়াছে। ক বিন্দুর নিরক্ষান্তর (latitude) উক এবং প্রস্থান (departure) টক। নিরক্ষান্তর উত দিকে ধনাত্মক ও উদ দিকে ঋণাত্মক, এবং প্রস্থান উপ দিকে ধনাত্মক ও উধ দিকে ঋণাত্মক। অতএব উক রেখার নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান উভয়েই ধনাত্মক। উঠ এবং উজ কিম্বা ঠট এবং ডজ (ক এর সম্পর্কে) ঋ এর নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান ; অর্থাৎ ঠট এবং ডজ কথ রেখার আংশিক নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান। সামান্য চিন্তা

করিলেই বুঝিতে পারা যায়, নিম্নলিখিত তালিকানুসারে নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান ধনাত্মক ও ঋণাত্মক হইবে :—

দিক্।	নিরক্ষান্তর।	প্রস্থান।
এন ই রুদ্রপাদ।	ধনাত্মক।	ধনাত্মক।
এন ডব্লিউ রুদ্রপাদ।	ধনাত্মক।	ঋণাত্মক।
এস ডব্লিউ রুদ্রপাদ।	ঋণাত্মক।	ঋণাত্মক।
এস ই রুদ্রপাদ।	ঋণাত্মক।	ধনাত্মক।



৮০ চিত্র।

আমরা দেখিতে পাই, উৎপত্তি বিন্দু উ এর সম্পর্কে উক এবং উজ খ এর পূরা নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান। উহারা উক এবং কখ রেখার আংশিক নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থানের সমষ্টি। এইরূপে ট্রান্সার্সের সমস্ত রেখার আলোচনা করিলে আমরা দেখিতে পাই, উহার সমস্ত নিরক্ষান্তরের সমষ্টি যে সকল রেখা দ্বারা ট্রান্সার্স বেষ্টিত তাহাদের আংশিক নিরক্ষান্তরের বীজগণিতানুযায়ী যোগফলের সমান।

এখন উউ = উক কস্ ডউক।

এবং উট = উক সাইন্ ডউক।

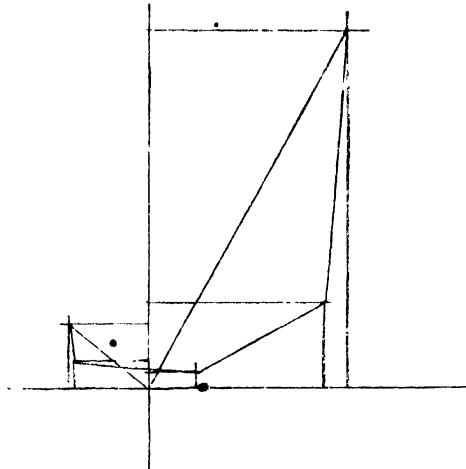
অতএব উক রেখার নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান সহজেই নির্ণেয়। কারণ উক মাথা হইয়াছে, এবং ডউক কোণ জানা আছে।

সাদৃশ্যতঃ খ এর আংশিক নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান নির্ণয় করা যায়। কারণ
ডজ = কথ কস্ ঠেক।

এবং টঠ = কথ সাইন্ ঠেক।

নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান সহজে হিসাব করিবার জন্য তালিকা পুস্তক (traverse table) প্রকাশিত হইয়াছে। উহাতে ৯০° পর্যন্ত সমস্ত কোণের, এবং ১০ পর্যন্ত সমস্ত দূরত্বের নিরক্ষান্তর ও প্রস্থান দেওয়া আছে। কিন্তু কেবল-মাত্র সাইন্ এবং কোসাইনের তালিকা থাকিলেই যথেষ্ট। নিম্নে ভূজযুগ্মের সাহায্যে জরিপ নক্সার একটা সহজ উদাহরণ দেওয়া হইল :—

বিয়ারি :	দূরত্ব :	নিরক্ষান্তর :	প্রস্থান :	পূরা নিরক্ষান্তর :	পূরা প্রস্থান :
এন্ ১০' ১০" উ	২৪৬	+ ২১২ ০	+ ১২৪ ৮	+ ২১২ ০	+ ১২৪ ৮
এন্ ৪০' ৪০" ডব্লিউ	১৬৬	— ১৬৫ ৮	+ ৪২ ১	+ ৪২ ১	+ ১০৬ ৮
এন্ ৬০' ৬০" ডব্লিউ	১০০	— ৪০ ৮	+ ৮ ৭	+ ৮ ৭	+ ১০০ ৬
এন্ ৮০' ৮০" ডব্লিউ	৭৬	+ ৬ ৯	+ ১৫ ৬	+ ১৫ ৬	— ৪৫ ১
এন্ ১০' ১০" ডব্লিউ	২২	+ ২১ ৮	+ ৩ ৭ ৮	+ ৩ ৭ ৮	— ৪৭ ০
এন্ ৫০' ৫০" উ	৬১	— ৩৭ ৫	— ০ ১	— ০ ১	+ ০ ১



৮১ চিত্র—ভূজযুগ্মের সাহায্যে ট্রান্সার্স অঙ্কিত হইয়াছে, মান ১০০' = ১"।

৮১ম চিত্রে উপরোক্ত ট্রাভার্সের নক্সা দেওয়া হইয়াছে। ইহা একটা সীমাবদ্ধ ট্রাভার্স (closed traverse)। সুতরাং নিরক্ষান্তরের এবং প্রস্থানের বীজগণিতানুযায়ী যোগফল শূন্য (০) হইবে, অথবা যোগফল প্রায় শূন্য হইবে। কারণ একেবারে নির্ভুল কাজ করা অসম্ভব।

কার্যে ভুল হইয়াছে কি না পরীক্ষা করিবার জন্য উপযুক্ত স্থান পাইলেই বন্ধনরেখা জরিপ করিবে। স্বাভাবতঃ খনির ভিতরে বন্ধনরেখা (tie line)। ঐরূপ রেখা পাওয়া যায় না; কিন্তু ভূপৃষ্ঠে বন্ধনরেখা দারা, অথবা এক ষ্টেসন্ হইতে দুই বা ততোধিক রেখার সাহায্যে অথবা ষ্টেসন্ পর্য্যন্ত সংক্ষেপে জরিপ (flying check survey) করিয়া ট্রাভার্স সীমাবদ্ধ করা যায়। সময়ে সময়ে খনিতে যেস্থানে বায়ু-চানক (air-shaft), কিম্বা বাষ্প ইত্যাদি শক্তি প্রেরণ করিবার জন্য বোর-গর্ত (bore hole) করা হইয়াছে, সেই পর্য্যন্ত জরিপ কার্য ঠিক হইয়াছে কি না, ঐ চানক বা গর্তের সাহায্যে পরীক্ষিত হয়। ফলতঃ উহারা উপরিস্থ এবং নিম্নস্থ জরিপের বন্ধনরেখা স্বরূপ। খনির ভিতরে এক বিভাগ (district) হইতে অথবা বিভাগে সংযোগ রাস্তা থাকিলে উহাই বন্ধনরেখা হইবে। জরিপকারী অবস্থিতি স্থবিধা যেন কখনই পরিত্যাগ না করেন। কারণ উহাদের সাহায্যে প্রধান ট্রাভার্সের রেখাসমূহের নির্ভুল জরিপ হইয়াছে জানিতে পারিলেই তিনি নিশ্চিন্ত হইতে পারেন; অন্ততঃ নিশ্চয়ই কোথাও ভুল হইয়াছে বুঝিতে পারেন।

কোন ষ্টেসনের নিকট লৌহ থাকিলে যদি তাহাকে দূর্বভী লৌহশূন্য স্থান হইতে দেখা যায়, তবে প্রথমোক্ত ষ্টেসনে যন্ত্র লৌহের সন্নিধ্য (presence of iron)। বসাইয়া সূক্ষ্মভাবে মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপ হওয়া সম্ভব। প্রথমে লৌহশূন্য স্থান হইতে বিয়ারিং লাইলে কার্য অত্যন্ত সহজই হইবে।

যথা মনে কর. ক. খ. গ. ঘ রেখার ট্রাভার্স করিতে হইবে, এবং কেবল ক বিন্দুর নিকটে লৌহ নাই।

ক বিন্দুতে যন্ত্র বসাত. এবং কখ এর বিয়ারিং পাঠ কর; উহা এন্ $৮২^{\circ} \frac{১}{২}$ ডব্লিউ হইল।

যন্ত্র উঠাইয়া খ বিন্দুতে বসাত, এবং পশ্চাদিকে ক বিন্দুকে ডায়ালের এন্ এস রেখায় কর্তন করিয়া বিয়ারিং লও।

পাঠ যদি এন্ $৮১^{\circ} \frac{১}{২}$ ডব্লিউ হয়, তাহা হইলে বুঝা যায়, নিশ্চয়ই লৌহের আকর্ষণে শলাকা এক ডিগ্রি পশ্চিমে সরিয়া গিয়াছে। ইহা স্মরণ রাখিয়া খগ এর বিয়ারিং লও। মনে কর. ইহা এন্ ৪৪° ই হইল। ইহার যথার্থ বিয়ারিং ৪৩° ই।

ডায়াল গ বিন্দুতে বসাত।

এখানে পাঠ এন্ড ৪৪° ১' ই হইল। অতএব শলাকা যথাস্থান হইতে ১' ১' পশ্চিমে আকৃষ্ট হইয়াছে।

গঘ এর বিয়ারিং পাঠ কর; উহা এন্ড ৬৫° ই হইল। উহাকে সংশোধন করিয়া এন্ড ৬৬° ১' ই লেখ। এইরূপে কাঁধা করিতে হইবে।

যদি ট্রাভার্সের কোনও একটা স্টেশনের নিকট লৌহ না থাকে, তবে পূর্ব কার্যে ভুল হইয়াছে কি না ঐ স্থানেই পরীক্ষা করা যাঠিতে পারে।

এই উপায়ে কাঁধা করা যায় বটে, তত্রাচ উহা সুপ্রণালী নহে। কারণ ইহাতে অত্যন্ত সহজেই যোগবিরোধে ভুল হয়। এবং খুব সূতর্ক জরিপকারীও সময়ে সময়ে দৈবাৎ এরূপ ভুল করিতে পারেন। অতএব লৌহের সাম্মিধ্যে বদ্ধশলাকা দ্বারা জরিপ করাষ্ট সর্বতোভাবে বিধেয়।

লৌহের সামীপা ব্যতীত অত্র কোন কার্যে মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপ হইবে কি না বিবেচনা সাপেক্ষ।

পূর্ববর্তি বলা হইয়াছে, মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপে নির্ভুল কাঁধা আশী করা যায় না। কারণ শলাকার দৈনিক বলনবিকার হয়। এবং আরও ইহাতে সূক্ষ্ম পাঠ লওয়া আয়াসসাধ্য। এই ফল্গুযোগে সূঁদ এবং কাঁথির কার্যে সৌম্যবদ্ধ ট্রাভার্সের অভ্যন্তরীণ অবাগুলির সুন্দররূপে সন্নিহিত জরিপ করা (interior filling in), এবং মালকাটার সুবিধার জন্য কেন্দ্রেখার দাগ দেওয়া যায়; কিন্তু হলেজ রাস্তায় এবং প্রধান রেখাসমূহে বদ্ধশলাকাযুক্ত কম্পাস ব্যবহার করা উচিত।

ছুইটা স্টেশনের মধ্যবর্তী দূরত্ব অধিক হইলে বদ্ধশলাকাযুক্ত কম্পাসের উপর নির্ভর করা সন্দিবেচনার কার্য নহে। এস্থলে এবং মধ্যে মধ্যে প্রধান রেখাগুলি পরীক্ষা করিতে ও সর্বদা অভীষ্ট স্থানে প্রয়োজনীয় বোর-গর্তের দাগ দিতে থিয়োডোলাইট খনির ভিতর লইয়া যাঠিবে।

পঞ্চম অধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১। খনির ভিতরে মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপ করিতে হইলে কোন্ কোন্ বিষয়ে সাবধান হইতে হয় ?

২। মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপ করিতে প্রকৃত এবং চৌম্বক মধ্যরেখার মধ্যে কোন্টী ব্যবহার করা ভাল ? উহার কারণ দেখাও।

৩। যে স্থানে লৌহ আছে তথায় টাভাস জরিপ করিতে কিরূপে মুক্তশলাকা ব্যবহার করিবে বর্ণনা কর।

৪। মুক্তশলাকাজরিপোপযোগী একটা ডায়ালের নিম্নাংশ কৌশল বর্ণনা কর।

৫। এস্ ৪০° ডব্লিউ পাঠ দেখাইয়া দৃষ্টিকলকসহ ডায়াল পৃষ্ঠ অঙ্কিত কর।

৬। নিম্নলিখিত জরিপটা নক্সা কর। ইহার সপ্তম রেখা আরম্ভ বিন্দুতে মিলিবে। ঐ রেখার বিয়ারিং ও দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

ষ্টেশন।	বিয়ারিং।	দূরত্ব।
১	এন্ ৪৫° ই	...
২	এন্ $৭৭^{\circ}\frac{১}{২}$ ডব্লিউ	...
৩	এন্ ৩১° ই	...
৪	এস ৬০° ডব্লিউ	...
৫	এস্ $৪২^{\circ}\frac{১}{২}$ ই	...
৬	এস $৬১^{\circ}\frac{১}{৪}$ ডব্লিউ	...

৭। যদি কোন স্থানের চৌম্বক বলন $১^{\circ} ০৭' ৩০''$ ই দৃষ্ট হয়, তবে নিম্নলিখিত মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপে পর পর বিয়ারিংগুলি বলন সংশোধন করিলে কত হইবে গণনা কর :—

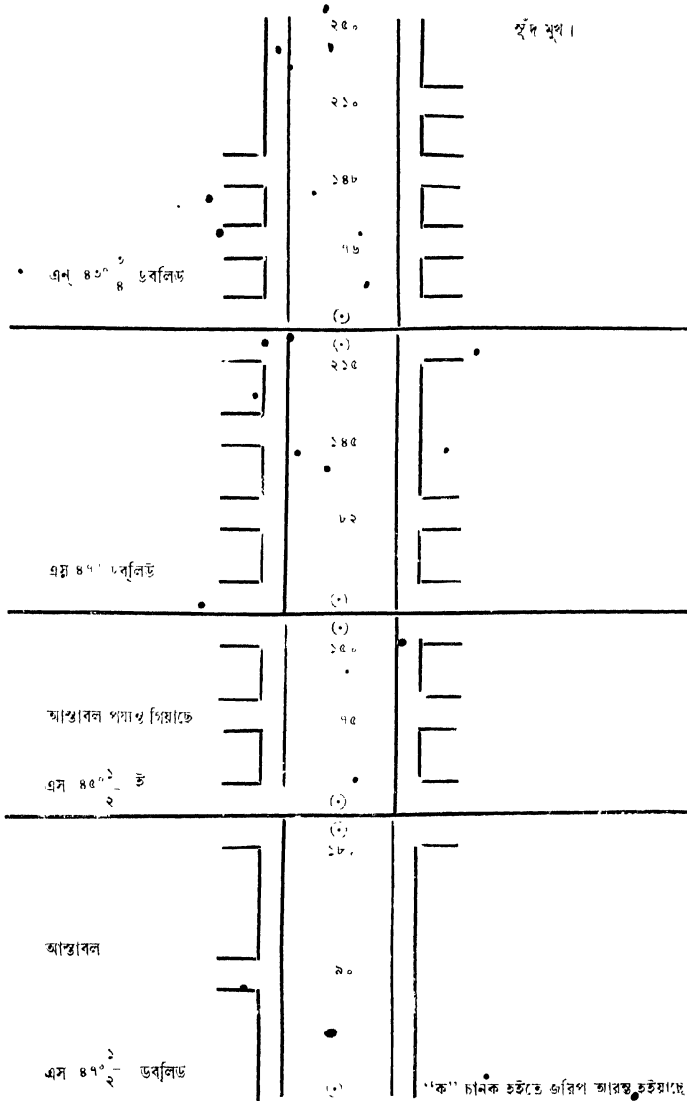
এন্ ৮২° ই

এস্ $৪৮^{\circ}\frac{১}{৪}$ ই

এস্ $৫২^{\circ} ০৬' ৩০''$ ডব্লিউ

এন্ $৫^{\circ} ০০' ৩০''$ ডব্লিউ।

৮। নিম্নলিখিত জরিপটি ১০০ ফুট এক ইঞ্চি মানানুসারে আঙ্কিত
কর :-



ষষ্ঠ অধ্যায়।

বদ্ধশলাকাজরিপ (fixed needle survey)।

মুক্তশলাকা অপেক্ষা বদ্ধশলাকা দ্বারা জরিপের উপর অধিক নির্ভর করা যায়। কারণ উহাতে কার্য অনেকটা নির্ভুল হয়। বৃহৎ ভূমিরেখা খনিতে শলাকা মুক্ত করিয়া জরিপ করিলে বলনবিকার ইত্যাদির জন্য প্রত্যেক রেখার বিষারিংএ বিভিন্ন ও অনিশ্চিত পরিমাণ ভুল হয়। সুতরাং নক্সা নির্ভুল হয় না। ফলে দুর্ঘটনা হইতে পারে। কাজেই এই স্থানে শেষোক্ত উপায়ে জরিপ করাই বিধেয়। যে রেখা জরিপ হইয়া গিয়াছে তাহাকে পরবর্তী রেখার জন্য ভূমিরেখা করা এই জরিপের মূলতত্ত্ব। একটা জানা রেখা হইতে অর্থাৎ যাহা নক্সায় অঙ্কিত আছে অথবা যাহাকে সহজে নক্সায় অঙ্কিত করা যায় তাহা হইতে প্রতিদিন কার্য আরম্ভ করিতে হইবে। দৈনিক কার্য উহাই “আদি ভূমিরেখা” (original base line)।

খনিতে প্রথম কার্য আরম্ভ করিবার সময় একটা অথবা দুইটা চানকের মধ্য দিয়া খনির ভিতরে একটা ভূমিরেখা পাত করা হয়। উহাই খনির সমস্ত জরিপ কার্যের আদি ভূমিরেখা। চালে অথবা তলিতে গঠি কিম্বা খুঁটা দ্বারা উহার স্থায়ী চিহ্ন রাখা হয়। এই রেখাই উপরিস্থ ভূমিতে অন্ততঃ তিনটা পাকা পিল্পা দ্বারা স্থায়ীভাবে চিহ্নিত হয়। অর্থাৎ যদিও খনির ভিতরে চিহ্ন নষ্ট হইয়া যায়, তত্রাচ উপরের পিল্পার সাহায্যে যে কোন সময়ে নিম্নস্থ প্রধান রেখা সমূহের পুনর্জরিপ হইতে পারে। উপরিস্থ ভূমিরেখা খনির ভিতরে পাত করিবার কিম্বা এই দুই রেখার মধ্যে কত কোণ জাত হইয়াছে তাহা নির্ণয় করিবার উপায় পরবর্তী অধ্যায়ে বর্ণিত হইবে।

কোন কোন জরিপকারী মুক্তশলাকা দ্বারা স্থিরীকৃত চৌম্বক মধ্যরেখাকেই দৈনিক কার্যের জন্য ভূমিরেখা ধরিয়া উহা হইতেই বদ্ধশলাকাজরিপ করিয়া থাকেন। এই উপায় কিয়ৎ পরিমাণ সন্তোষজনক, কিন্তু পঞ্চম অধ্যায়ে ব্যাখ্যা করা হইয়াছে যে, দৈনিক বলনবিকারের জন্য এরূপ ভূমিরেখার দিক পরিবর্তন হয়। অতএব চৌম্বক মধ্যরেখাকে ভূমিরেখা করিলে জরিপে ভুল হইবে, এবং এই ভুল সমস্ত জরিপে প্রত্যেক স্থানেই হইতে থাকিবে। খনির চাল এবং তলি খারাপ থাকিলে, অথবা যেমন কয়লা নিঃশেষ হইতেছে তেমনই উহার ক্রমশঃ অবনত কিম্বা উন্নত হওয়ায় নিম্নস্থ স্থায়ী দাগ রাখা অসম্ভব হইলে, মুক্তশলাকাজরিপের প্রয়োজন হয়। কার্যের প্রারম্ভে ডায়ালের দৃষ্টিফলককে এন্ এন্ রেখা হইতে বলন পরিমাণ সরাইয়া আবদ্ধ করিয়া লইলে প্রকৃত মধ্যরেখাকে ভূমিরেখা

করা চলে। কিন্তু চাল এবং তলিতে স্থায়ী চিহ্ন রাখা সম্ভব হইলে যে রেখাকে সর্বশেষে জরিপ করা হইয়াছে তাকে, অথবা অন্তিম একটা জানা রেখাকে, যে কোন দিবসের কার্যের জন্য ভূমিরেখা করাই শ্রেয়ঃ।

পরবর্তী রেখার জন্য পূর্ববর্তীকে শূন্যরেখা অথবা ভূমিরেখা করিয়া বন্ধ-

পর পর ভূমিরেখার প্রণালী
(method of successive
base lines)।

শলাকাজরিপের প্রণালী নিম্নে বিবৃত হইলঃ

মনে করা যাউক, ক হইতে আরম্ভ করিয়া কখ, খগ, গঘ ইত্যাদি রেখার জরিপ করিতে হইবে, এবং (১) ক রেখার দিক জানা আছে, ও উহা নষ্টায় অক্ষিতও হইয়াছে। জরিপকারী ক বিন্দুতে যন্ত্র বসাইবেন। পরে ভাণ্ডারের ০° অথবা ৩৬০° পাঠ আছে কি না, অর্থাৎ উহার স্তরচিহ্ন মূল মানের ০° এর সহিত মিলিত হইয়াছে কি না, পরীক্ষা করিবেন। কোন কোন যন্ত্র ভাণ্ডারকে শূন্যে বাঁধিবার জন্য পিন থাকে। কোণ মাপিবার ঠিক পূর্ববর্তী পিন খুলিয়া লইয়া তিনি পশ্চাদিকে ০ ডিগ্রী দেখিলেন। ওরূপ দেখাকে ইংরাজীতে black sight বলে। ডায়ালের দৃষ্টিকলকক্ষের উপরের অথবা নীচের যে কোন অংশে দৃষ্টপথ ব্যবহার করা যাউতে পারে, অবশ্য আগবর্তী ও পশ্চাদবর্তী টেসন দ্বয়কে একই দৃষ্টপথের মধ্য দিয়াই দেখিতে হইবে। এখন যন্ত্র দ্বারা যত দূরে দ্রব্যকে দেখা এবং কড়ন করা যায়, ততদূরে সহকারীকে একটা সুবিধামত স্থানে পাঠাইতে হইবে। সহকারী ঐ স্থানে একটা দাগ করিয়া উহার নিম্নে রসি দ্বারা ওলন ঝুলিয়া রসির পুষাতে বাতি ধরবেন। জরিপকারী ডায়ালের চক্রবালীয় বৃত্তকে ক্র্যাম্প দ্বারা আবদ্ধ করিয়া যন্ত্রে যদি পিন থাকে খুলিয়া লইবেন। পরে ভাণ্ডারের আবদ্ধ করিবার স্ক্রু খুলিয়া দিবেন, এবং দৃষ্টিকলকে ডানদিকে ঘুরাইয়া সহকারীর বাতি দেখিতে চেষ্টা করিবেন। উহাকে মোটামুটি কড়ন করিয়া ভাণ্ডারের আবদ্ধ করিবার স্ক্রু আঁটিয়া দিবেন, এবং স্পর্শনা অথবা স্পর্শগতিদায়ক স্ক্রু দ্বারা বাতিকে ঠিক কড়ন করিবেন। তৎপরে তিনি কোণ পাঠ করিয়া পুস্তকে লিখিবেন। উহাই ০কখ কোণ, এবং উহা চক্রবালীয় বৃত্তের বিভাগানুযায়ী দক্ষিণাবর্তে অথবা বামাবর্তে পরিমিত হইয়াছে।

পুস্তকে কোণ লিখিত হইবার পর দৃষ্টিকলক ঘুরাইবে, (উহাদিগকে সর্বদা দক্ষিণে ঘুরান উচিত) এবং পশ্চাতের টেসন ০ কে পুনরায় দোখবে। এখন ভাণ্ডারের পুনঃ শূন্য পাঠ দিবে। নতুবা বুঝিতে হইবে ডায়াল নিশ্চয়ই কোনরূপে সামান্য আবর্তিত হইয়াছে, অথবা প্রথমেই উহাকে যথারীতি স্ক্রু করা হয় নাই। অতএব কার্য পুনরায় করিতে হইবে। পশ্চাদিকে দেখিয়া পুনর্বার শূন্য পাঠ পাওয়া বিশেষ প্রয়োজনীয়, এবং এই জরিপে উহা পাঠিতে অবহেলা করা ন্যূন হয়। ইহাতে কার্যে ভুল হইয়াছে কি না পরীক্ষা করা হইবে, এবং পরবর্তী টেসনের কার্যের জন্য ভাণ্ডার নিশ্চয় শূন্যেতে বাঁধা থাকিবে।

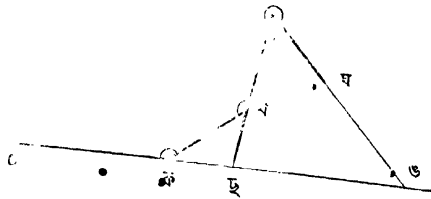
দক্ষিণাবর্ত কম্পাসে প্রায় ১০° র সমান কোণ মাপিতে হইলে অনভিজ্ঞ জরিপকারী যন্ত্রকে বামে আবর্তন করিবার লোভ সম্বরণ করিতে পারেন না; কারণ উহাতে যন্ত্রকে কেবল প্রায় এক সমকোণে ঘুরাইতে হয়, অন্যথা দক্ষিণে প্রায় তিন সমকোণে ঘুরাইতে হয়। তাঁহার বামাবর্ত ডায়ালে এই দিকেই কোণ মাপা হয় বলিয়া এই যন্ত্রকেও বামে আবর্তন করেন। দৃষ্টিফলকে ঘুরাণের বিষয় ছাত্রদিগকে সতর্ক করা নিম্প্রয়োজন। উহাকে যদি বামে ঘুরাণ হয়, এবং সহজে ঘুরাণ না যায়, তবে তেপায়া হইতে যন্ত্র খুলিয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে। ফলতঃ কার্যে আর এক প্রকার ভুল হইতে থাকে, এবং এই ভুল দৃষ্টিফলকে পশ্চাত্তাগে ঘুরাইয়া শূন্যতে আনিবার সময় প্রকাশ পায় না; কারণ উহাকে দক্ষিণে ফিরাইবার কালে কম্পাস পুনরায় আঁটিয়া যায়।

তৎপরে, পশ্চাদিকে ০ স্টেসনকে কর্তন করিয়া, এবং ভাণ্ডারের তীর শূন্যতে আসিয়াছে কি না পরীক্ষা করিয়া ডায়াল ঘুরিয়া যা যাওয়া প্রমাণ হইলে, যন্ত্রকে উঠাইয়া অগ্রবর্তী ৩ স্টেসনে লইয়া যাওয়া হয়। কতে ০কথ কোণ মাপিবার জন্য যাচা করা হইয়াছিল, এই স্টেসনেও কথগ কোণ মাপিতে সেই কার্যগুলি পুনরায় করিতে হইবে, এবং শেষে ককে কর্তন করিয়া পূর্ববৎ শূন্যবিন্দু পরীক্ষা করিবে। পর যন্ত্রকে গ স্টেসনে স্থানান্তরিত করিবে। সমস্ত স্টেসন একরূপ করিতে হইবে। আবশ্যক হইলে, যে কোন স্টেসনে শিকলের রেখার সহিত সমকোণে অথবা বক্রভাবে অবস্থিত রাস্তা থাকিলে, স্টেসনে কোণ মাপার সঙ্গে সঙ্গে, এই রাস্তার কেন্দ্ররেখার বিচারিৎ অথবা কোণ মাপা যাইতে পারে। পরে এই রাস্তা জরিপ করিবার সময় এই রেখা ভূমি রেখা রূপে ব্যবহৃত হইবে। ঋজু রেখাকে বন্ধিত করিতে হইলে দৃষ্টিফলকে ১৮০° ঘুরাইবার প্রয়োজন হয় না। পশ্চাদিকে দৃষ্টিফলকের একটি দৃষ্টিপথের সাহায্যে শূন্যরেখায় দেখিবে, এবং অন্যটি দ্বারা অগ্রভাগে দেখিলেই চলিবে। একরূপ স্থলে, অথবা কোন একটি পূর্ব নির্দিষ্ট কোণে রেখা পাত করিতে হইলে, সহকারী পূর্বস্থিরীকৃত সংকেতানুযায়ী তাঁহার বাতি যতক্ষণ না যথাস্থানে আইসে ততক্ষণ উহাকে ইতস্ততঃ সরাইবেন। যথাস্থানে আসিলে তথায় চিহ্ন রাখিবেন। চিহ্ন রাখিবার উপায় পঞ্চম অধ্যায়ে বর্ণিত হইয়াছে।

উপরোক্ত উপায়ে বন্ধশলাকাজরিপ নক্সা করিতে হইলে অনভিজ্ঞ জরিপকারী প্রথম কোণটি নক্সা করিয়া উহার বাহুতে পরবর্তী স্টেসনের দূরত্ব মাপিয়া বসান। তৎপরে গোল কোণ-অঙ্কনযন্ত্র (reducing angles to the original base line)।
 প্রত্যেক রেখা আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করে তাহা গুণনা (reducing angles to the original base line)।
 দ্বিতীয় কোণটি অঙ্কিত করেন। একরূপে প্রত্যেক স্টেসনে এই যন্ত্র বসাইয়া অগ্রবর্তী স্টেসন নক্সা করেন।
 শিফার্স পক্ষে এই পদ্ধতিতে কার্য করিবার প্রলোভন তাগ কর শক্ত।
 উহাতে যে কেবল সময় নষ্ট হয় তাহা নহে। এই পদ্ধতিতে কার্য করিলে যন্ত্রকে

বারংবার উঠাইয়া পুনরায় বসাইবার নিমিত্ত রেখা টানিতে হয়। সুতরাং নক্সা রেখা দ্বারা পূর্ণ হইবে ; এবং যদি সূচাগ্র পায়া বিশিষ্ট (pin-point feet) যন্ত্র ব্যবহার করা হয়, তবে কাগজে অসংখ্য ছোট ছিদ্র হইবে, এবং নক্সা করিবার সময় অল্প অল্প ভুল ক্রমশঃ সঞ্চিত হইতে থাকিবে। কারণ যন্ত্রকে সঠিক বসান অসম্ভব। উপায়ান্তরে নক্সা করিবার পূর্বে রেখা সকল উহাদের ভূমিরেখার সহিত যত কোণ করে তাহা হইতে ঐ রেখাগুলি আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণে অবস্থিত তাহা গণনা দ্বারা নির্ণয় করিতে হইবে। তাহা হইলে যন্ত্রকে পুনঃপুনঃ উঠাইতে হইবে না। উহাকে উৎপত্তি বিন্দুতে (যে স্থানে প্রথমে যন্ত্র বসান হইয়াছিল) একবার মাত্র বসাইয়া উহার চতুর্দিকে রেখা কিস্বা-বিন্দু দ্বারা সমস্ত কোণের অল্প জোরে দাগ রাখিবে। পরে উৎপত্তি বিন্দু ও কোণ সূচক বিন্দু বা রেখা সংযোগ করিয়া যে রেখাগুলি হয় তাহাদের সমান্তরালে যথাক্রমে রেখা সকল টানিবে। এইরূপ করিলে পূর্বোক্ত উপায়ের অমুবিধা নিরাকৃত হইবে।

রেখা সকল উহাদের ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করে তাহা হইতে ঐ রেখাগুলি আদি ভূমিরেখার সহিত যত কোণে অবস্থিত তাহা গণনা দ্বারা নির্ণয় করিবার নিয়মগী অত্যন্ত সরল ; উহাকে সহজেই স্মরণ রাখা এবং দ্রুত প্রয়োগ করা যায়। একটা জ্যামিতির উদাহরণের সাহায্যে উহার সত্যতা প্রমাণ হয়। ৮১ম চিত্র দেখ। ইহাতে অধ্যায়ের প্রথম বর্ণিত উদাহরণটির অক্ষর-গুলি রাখা হইয়াছে।



৮১ চিত্র।

মনে কর. ক প্রথম ষ্টেশন. এবং ০কখ, খগঘ ইত্যাদি কোণ পর পর পরিমিত হইয়াছে। কোণসমূহ দক্ষিণাবর্তে মাপা হইয়াছে।

এখন ক০ আদি ভূমিরেখার সহিত কখ, খগ, গঘ ইত্যাদি রেখা কত কোণ করিয়াছে তাহাই নির্ণয় করিতে হইবে।

০কখ কোণ পরিমিত হইয়াছে। অতএব উহা কত তাহা জানা আছে।

গখ এবং গঘ কে বর্দ্ধিত কর। উহারা ০ক রেখায় ছ এবং উ বিন্দুতে মিলিত হইল।

অতএব আমাদের কছগ এবং কঙগ কোণ নির্ণয় করিলেই চলিলে।

$$\text{প্রথম কোণ} = \text{কখছ} + \text{কছথ}$$

$$\text{দ্বিতীয় কোণ} = \text{কখ} - \text{কখছ}$$

$$= \text{কখ} - (১৮০^\circ - \text{কখগ})$$

$$= \text{কখ} + \text{কখগ} - ১৮০^\circ$$

অর্থাৎ গ বিন্দুতে পৌছাইতে যে দুইটা কোণ অতিক্রম করিতে হইবে তাহাদের যোগফল হইতে ১৮০° বাদ দিলেই আদি ভূমিরেখার সহিত খগ যত কোণ জাত করে পাওয়া যাইবে।

ঠিক এইরূপে আমরা দেখিতে পাই,

$$১৮০^\circ + \text{কগগ} = \text{কছথ} + \text{খগঘ} - ১৮০^\circ$$

কিন্তু কছথ পূর্বের নিমিত্ত হইয়াছে।

অতএব নিয়মটি এই :—

কোন একটা রেখা আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করে তাহা গণনা করিতে হইলে, ঐ রেখার ক্ষেত্র-পুস্তকে লিখিত কোণ, এবং পূর্ববর্তী রেখা ও আদি ভূমিরেখার অন্তর্গত গণিত কোণ, এই দুই কোণের যোগফল যদি ১৮০° র অধিক হয় তবে ১৮০° বাদ দিতে হইবে, এবং যদি কম হয় তবে ১৮০° যোগ করিতে হইবে।

এই নিয়মানুসারে কোণ গণনা করিবার পদ্ধতি একটা সহজ উদাহরণের সাহায্যে বুঝান হইবে। নিম্নে ক্ষেত্র-পুস্তকের এক পৃষ্ঠার নমুনা দেওয়া হইল। ছাত্রেরা উহার নক্সা করিবে।

	প	
	১০২	
৫ নং। ১৩৫° ০০'	ন	পশ্চাদ্ভাগে ধ কে কর্তন কর
	ন	
	৯৩	
৪ নং। ২১১° ১৫'	ধ	পশ্চাদ্ভাগে দ কে কর্তন কর
	ধ	
	৯৭	
৩ নং। ২৬৮° ৫৭'	দ	পশ্চাদ্ভাগে খ কে কর্তন কর
	দ	
	১২৫	
২ নং। ১৭৭° ২১'	খ	পশ্চাদ্ভাগে ত কে কর্তন কর
	খ	চানকের মধ্যভাগ কর্তন
	৮৬	করিবে, উহা তএর ১৫৬
১ নং। ৯২° ৪৫'	ত	ফুট পশ্চাতে আছে।

রেখা সকল আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করে তাহার গণনা এই-
রূপে হইবে :—

৯২°	৪৫'	.....	১।
১৭৭°	২১'		
১৭৮°	৫৬'		
১৮০°	০০'		
৯০°	০৬'	.....	২।
১৬৮°	৫৭'		
৩৫৯°	০৩'		
১৮০°	০০'		
১৭৯°	০৩'	.....	৩।
১১১°	১৫'		
৩৯০°	১৮'		
১৮০°	০০'		
২১০°	১৮'	.....	৪।
১৩°	০০'		
৩৩৫°	১৮'		
১৮০°	০০'		
১৬১°	১৮'	.....	৫।

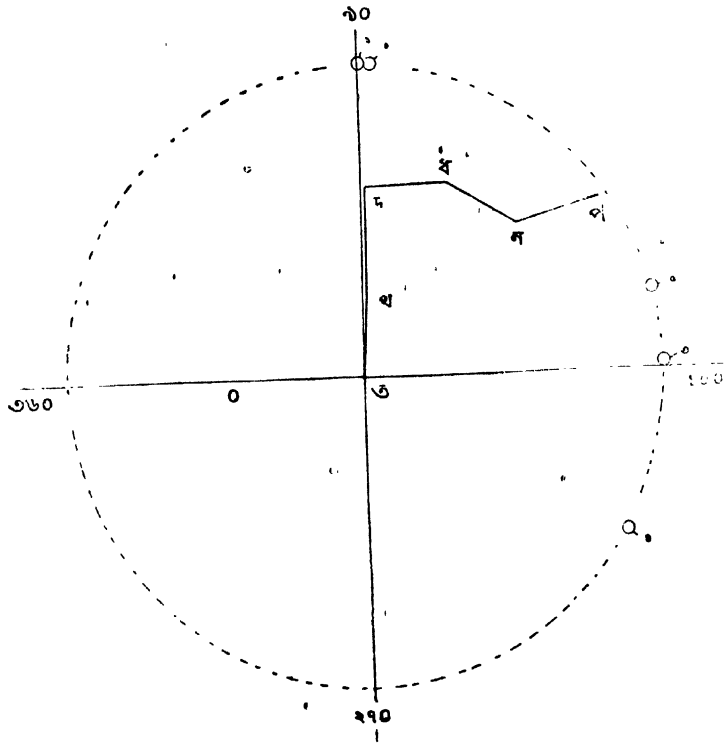
এই গণনার ১, ২, ৩, ৪ এবং ৫ নং কোণগুলি ক্ষেত্র-পুস্তকের ১, ২, ৩, ৪ এবং ৫ নং কোণ। ৮ম চিত্রে কোণ নক্সা করিবার প্রণালী প্রদর্শিত হইল। প্রথম স্টেশনে ক্ষুদ্র বৃত্ত বেষ্টিত কোণ সূচক ১, ২, ৩, ৪ ইত্যাদি বিন্দু সমূহকে, এবং বঙ্কিত ভূমিরেখাকে পেন্সিলে অল্প জোরে টানিবে, তাহা হইলে উহা-দিগকে অনায়াসে মুছিয়া ফেলা যাইবে।

চিত্রে ত উৎপত্তি বিন্দু অথবা প্রথম স্টেশন, এবং তঃ শূন্য রেখা। আদি ভূমিরেখায় সাবধানে গোল কোণ অঙ্কন যত্ন যথাযথ বসাইয়া উহার চতুর্দিকে গণিত কোণ সমূহের দাগ (১, ২, ৩ ইত্যাদি) রাখা হয়। পরে যন্ত্র উঠাইয়া সমরেখাকর্ষণ ব্যবহার করা হয়।

ত বিন্দুর মধ্য দিয়া তঁথ রেখা টানিতে হইবে, এবং রেখামানদণ্ডের সাহায্যে তথ এর দূরত্ব মাপিয়া সূক্ষ্ম সূচাগ্র কণ্ডাঙ্গে বিদ্ধ করিয়া থ বিন্দুর দাগ রাখিতে হইবে।

পরে রেখাকর্ষণটার ঋজু ধার ত এবং ২ বিন্দু স্পর্শ করাইয়া স্থাপন করিবে। অতঃপর উহাকে থ পর্যাস্ত গড়াইয়া ঐ বিন্দু ভেদ করিয়া রেখা টানিবে।

ইহাতে খদ দিক পাওয়া য়েলে। খ হইতে দ বিন্দুর দূরত্ব মাপিয়া বসাইবে।
তৎপরে সমরেখাক্ষণকে ত এবং ৩ বিন্দু স্পর্শ করাইয়া স্থাপন করিতে
হইবে, এবং উহাকে দ পর্য্যন্ত গড়াইয়া দখ রেখা টানিতে হইবে। পরে ধ বিন্দু
মানানুসারে মাপিয়া বসাইতে হইবে।
এইরূপে সমস্ত বিন্দু অঙ্কিত করিতে হইবে।



৮৩ চিত্র। মান ২০০' ১''.

সমস্ত রেখাই উৎপত্তি বিন্দু ত হইতে কোণ প্রাপক ১, ২, ৩ ইত্যাদি
বিন্দুর দিকে টানিতে হইবে। রেখা টানিবার সময় ১৮° ভুল করা আশ্চর্যের
বিষয় নহে, কিন্তু কার্যের প্রারম্ভে অভীষ্ট স্থানের যদি একটা মোটামুটি নক্সা
(rough sketch) অঙ্কিত করা হয়, তবে গ্রুপ ভুল হয় না।

১।		
গণনা স্থান	১৭	মুখ (FACE) ১০২
		ভূমিরেখা, যখন মাথার কেন্দ্রে রাখা।
২৭ ২১' ০০'	১০	মুখ ৮৮৬
		৮২০
		৮১০
		৮১১
২০৬	১১	মুখ ৮৮৬
		মুখ ৮৮৬
২০৬	১২	মুখ ৮৮৬
		মুখ ৮৮৬

২।		
১৮০	১৮১	১৮০
		১৮১
৮০	৮১	৮০
		৮১
১৮৮ ৮৬	১৮৯	১৮৮ ৮৬
		১৮৯
১৮৯	১৯০	১৮৯
		১৯০
১৯০	১৯১	১৯০
		১৯১
১৯১	১৯২	১৯১
		১৯২
১৯২	১৯৩	১৯২
		১৯৩
১৯৩	১৯৪	১৯৩
		১৯৪
১৯৪	১৯৫	১৯৪
		১৯৫
১৯৫	১৯৬	১৯৫
		১৯৬
১৯৬	১৯৭	১৯৬
		১৯৭
১৯৭	১৯৮	১৯৭
		১৯৮
১৯৮	১৯৯	১৯৮
		১৯৯
১৯৯	২০০	১৯৯
		২০০

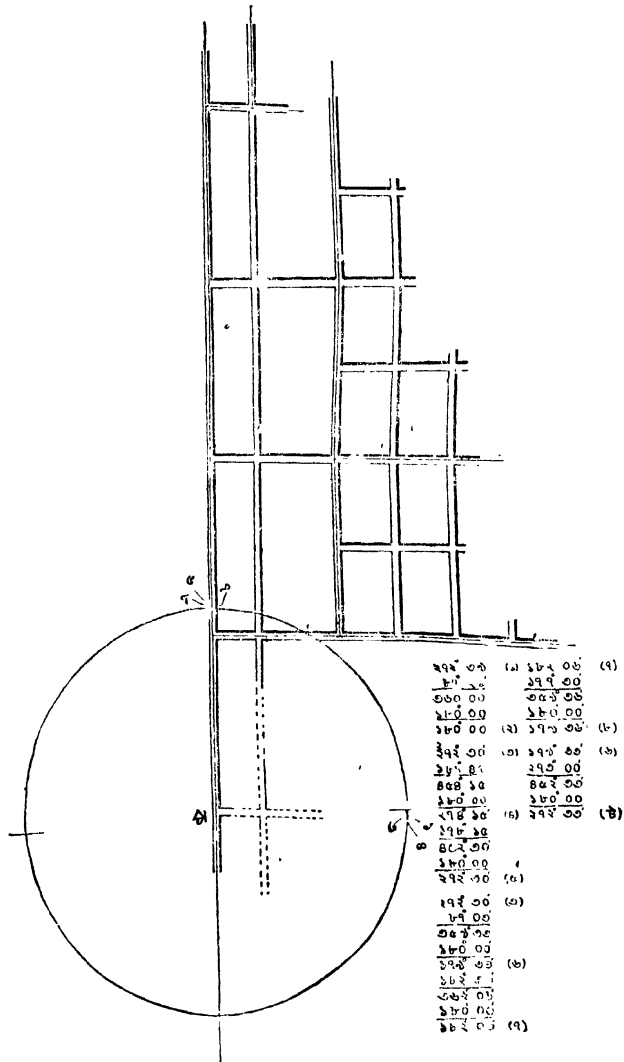
৩।		
১৮১	১৮২	১৮১
		১৮২
১৮২	১৮৩	১৮২
		১৮৩
১৮৩	১৮৪	১৮৩
		১৮৪
১৮৪	১৮৫	১৮৪
		১৮৫
১৮৫	১৮৬	১৮৫
		১৮৬
১৮৬	১৮৭	১৮৬
		১৮৭
১৮৭	১৮৮	১৮৭
		১৮৮
১৮৮	১৮৯	১৮৮
		১৮৯
১৮৯	১৯০	১৮৯
		১৯০
১৯০	১৯১	১৯০
		১৯১
১৯১	১৯২	১৯১
		১৯২
১৯২	১৯৩	১৯২
		১৯৩
১৯৩	১৯৪	১৯৩
		১৯৪
১৯৪	১৯৫	১৯৪
		১৯৫
১৯৫	১৯৬	১৯৫
		১৯৬
১৯৬	১৯৭	১৯৬
		১৯৭
১৯৭	১৯৮	১৯৭
		১৯৮
১৯৮	১৯৯	১৯৮
		১৯৯
১৯৯	২০০	১৯৯
		২০০

নিম্নস্থ বদ্ধশলাকাজরিপে কল্পে ক্ষেত্র-পৃষ্ঠকে লিখিত হয় তাহার নমুনা ৮৪ম চিত্রে দেওয়া হইল, এবং ৮৫ম চিত্রে উহার নক্সা করিবার প্রণালীও প্রদর্শিত হইল।

বদ্ধশলাকাজরিপে রেখাগুলি উহাদের ভূমি-রেখার সহিত যত কোণ করে তাহা হইতে ঐ রেখা সকল আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণ জাত করিবে গণনা করিতে কিছু

সময় অপব্যয় হয়। তজ্জন্ম কোন কোন জরিপ-কারী এরূপ উপায় অবলম্বন করেন যাহাতে রেখা সমূহ আদি ভূমিরেখার সহিত যত কোণ করে তাহা আপনা হইতেই নির্ণীত হইয়া যায়। পূর্বমত মনে কর, ক। শূন্যরেখা, এবং কখ, খগ, গঘ ইত্যাদি রেখার জরিপ করিতে হইবে। যন্ত্র কতে স্থান হইল। এবং ঙগিয়ারের শূন্য (তীর) মূল মানের শূন্যতে আছে কি না পরীক্ষা করা হইল। পরে

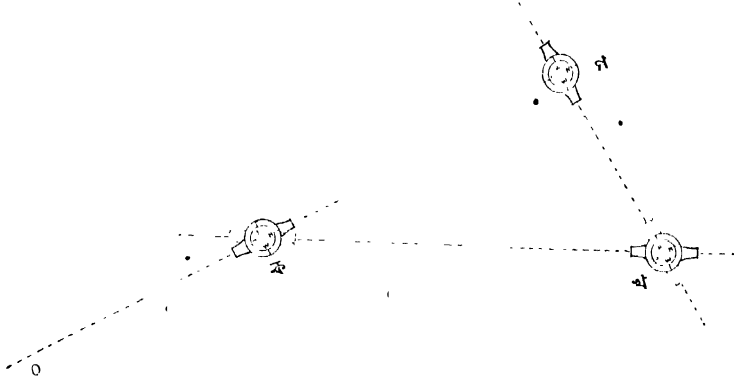
দৃষ্টিফলককে ইতস্ততঃ ঘুরাইয়া যান্নর শূন্যরেখা (এন্ এন্ রেখা) দ্বারা ০ ষ্টেসনকে
কর্তন করিয়া চক্রবালীয় বৃত্তকে আবদ্ধ করা হইল।



৮৫ চিত্র—উহা ককণ নস্যা করা হইয়াছে তাহা শৃঙ্গ রেখাগুলি দ্বারা সূচিত হইতেছে। নস্যা সম্পূর্ণ হইলে শৃঙ্গ রেখাগুলি মুছিয়া ফেলা হয়। মান ২০০ = ১।'

অতঃপর ভাণ্ডার জুকে আল্গা করতঃ দৃষ্টিফলকে ঘুরাইয়া খকে মোটামুটি কর্তন করিবে। তৎপরে ভাণ্ডার ক্র্যাম্প দ্বারা আবদ্ধ করিবে, এবং স্পর্শনীকুর সাহায্যে খকে সঠিক কর্তন করিবে। কোণ পাঠ করিয়া পুস্তকে লিখিবে। এখন ভাণ্ডার জুকে কোন মতে আল্গা না করা হয়; কিন্তু যন্ত্রে একখ কোণের পাঠ বাঁধিয়া রাখিয়া উহাকে যন্ত্র বিন্দুতে স্থানান্তরিত করিতে হইবে।

খ টেসনে যন্ত্র বসাইয়া ভাণ্ডার স্পর্শ না করিয়া যন্ত্রের চক্রবালীয় বৃত্তকে আল্গা করিবে, এবং সমস্ত ডায়ালকে আবর্তন করতঃ উন্নয়ন দৃষ্টিরেখা ঠিক খকে দিকে রাখিবে। এক্ষেত্রে পঞ্চাদিকে ককে দেখিতে হইলে ক হইতে খকে যে দৃষ্টিপথের মধ্য দিয়া দেখা হইয়াছিল তাহা ব্যবহার না করিয়া দৃষ্টিফলকের অণু দৃষ্টিপথ ব্যবহার করিবে। . .



৮৬ চিত্র।

ইহাতে দেখা যাইতেছে (৮৬ম চিত্র দেখ), কতে কম্পাস যে দিকে ছিল খতেও সেই দিকে আছে। সুতরাং যখন কতে যন্ত্র বসান হইয়াছিল, তখন উহার শূন্যরেখা যে দিকে ছিল ডায়ালের এখনকার শূন্যরেখা (এন্ এস্ রেখা) তাহার সহিত সমান্তরালে আছে। অর্থাৎ ডায়াল খতে আদি ভূমিরেখার সমান্তরালে বসান হইয়াছে। এখন ডায়ালে যে কোন কোণ মাপা যাইবে তাহাই আদি ভূমিরেখার সহিত কোণ হইবে।

চক্রবালীয় বৃত্তকে ক্র্যাম্প দ্বারা আবদ্ধ করিয়া ভাণ্ডার জু আল্গা করিবে। পরে ক হইতে ০ কে এবং খকে ফলকদ্বয়ের যেরূপ দৃষ্টিপথের মধ্য দিয়া দেখা হইয়াছিল তাহা দ্বারাই পরবর্তী বিন্দু গকে (যন্ত্র দক্ষিণাবর্তে ঘুরাইয়া) কর্তন করিবে। ভাণ্ডার ক্র্যাম্প করিয়া কোণ পাঠ করিবে।

এখন ভার্ণিয়ার জুকে কোনমতে আলাগা না করিয়া যন্ত্রে কথগ কোণের পাঠ বাঁধিয়া উহাকে গ বিন্দুতে স্থানান্তরিত করিতে হইবে। গ টেসনে যন্ত্র বসাইয়া ভার্ণিয়ার স্পর্শ না করিয়া চক্রবালীয় বৃত্তকে আলাগা করিবে ; এবং সমস্ত ডায়ালকে আবর্তন করতঃ পশ্চাদিকে খ বিন্দুকে দেখিবে। এখন ডায়ালের শূন্যরেখা ক^০ এর সমান্তরাল হইল।

এইরূপে কার্য্য করিলে প্রত্যেক রেখা আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করে তাহা বোনরূপ হিসাব ব্যতীত যন্ত্র হইতে পাঠ করা যায়।

এই উপায় যদিও কৌশলময় তথাপি প্রথমে বর্ণিত উপায়ের তুলনায় নিকৃষ্ট : কারণ ইহাতে দৃষ্টিকলকের পূর্ণাবর্তন হয় না, কাজেই উহা, পুনরায় শূন্যবিন্দুতে ফিরিয়া আসে কি না পরীক্ষিত হয় না। সুতরাং দৈবাৎ যন্ত্রটি সরিয়া যাওয়ার কিম্বা প্রথমে তেপায়াতে উত্তমরূপে জু না করার জন্য যদি কোন ভুল হয় তাহা প্রকাশ পায় না, এবং একবার এরূপ ভুল হইলে উহা সমস্ত জরিপ ব্যাপিয়া থাকিয়া যায়। বহুদশী জরিপকারী মাত্রই একটা কোণ মাপিয়া শূন্যবিন্দু পরীক্ষা করিয়া থাকেন, এবং উহাতে ভুল হইলে দ্বিতীয়বার কোণটি দেখেন। কিন্তু অনভিজ্ঞ জরিপকারী এতটা কষ্ট স্বীকার করিতে ইচ্ছুক নন, যদিও এরূপ পরীক্ষা করা তাঁহাদের কর্তব্য। পরন্তু প্রথম উপায়ে অধিক বসিয়া গণনা দ্বারা আদি ভূমিরেখা হইতে কোণ সমূহ নিরূপণ করিতে যত সময় লাগে তাহা অপেক্ষা শেষোক্ত উপায়ে কোণ মাপিতে অধিক সময় আবশ্যক।

থিয়োডোলাইট দ্বারাও পূর্ব বর্ণিত বদ্ধশলাকাজরিপ করা যায়। এ যন্ত্রযোগে দ্বিতীয় পদ্ধতি অনুসারে কার্য্য করিলে নিভুল কাজ সম্ভব নহে। কারণ উহাতে দূরবাণ্ উল্টাইতে (reversing) হইবে, এবং কোন কোন যন্ত্রে (যথা এভারেষ্টির যন্ত্র) এরূপ করিতে অনেক সময় লাগে, এবং বহুবিধ ভুল হয়।

কতকগুলি বন্ধনরেখা দ্বারা জরিপ কার্য্য পরীক্ষা করার উপকারিতা পঞ্চম অধ্যায়ে বর্ণন হইয়াছে। বদ্ধশলাকাযুক্ত বন্ধনরেখা সমূহ (tie lines)।

ডায়াল এবং থিয়োডোলাইট দ্বারা জরিপে এরূপ পরীক্ষা প্রায়োগার্থ। উহার সুযোগ খনির ভিতরে সহজে পাওয়া যায় না। উপরিস্থ জরিপে সাধারণতঃ থিয়োডোলাইট ব্যবহৃত হয়, এবং প্রায়ই পরীক্ষা করিবার সুবিধাও উপস্থিত হয়। খনির ভিতরে সচরাচর নিম্নলিখিতরূপে বন্ধন-রেখা দ্বারা ট্রান্সার্স সীমাবদ্ধ (closed traverse) করিয়া জরিপ পরীক্ষিত হয়:—

১। কয়লাস্তরের অবস্থা জানিবার জন্য প্রথমে দুইটি অনুসন্ধানকারী মূল সূঁদ (pair of prospecting headings) চালান হয়। উহারা কাছাকাছি এবং সমান্তরালে অবস্থিত। কয়লা নিঃশেষ করিবার জন্য দুইটি অগ্রগামী নিঃশেষ রাস্তাও (winning headings) চালান হয়। উহারাও অল্পদূরে এবং সমান্তরালে থাকে। সূঁদদ্বয়কে মধ্যে মধ্যে সংযুক্ত করিতে

এবং রাস্তাদ্বয়কেও ঐরূপ করিতে উহাদের সমকোণে ক্ষুদ্র যোজক রাস্তা সমূহ (stentons) চালিত হয়। মূল স্ট্রদ্বয়ের মধ্যে অথবা প্রধান রাস্তাদ্বয়ের মধ্যে যেটা অগ্রগামী সেটাকে পুরোস্থান (fore place) বলে, অপরটাকে পশ্চাৎ স্থান (back place) বলে। পুরোস্থানে টব-গাড়ী চলে, পশ্চাৎ স্থানে চলে না। যোজক রাস্তাকে বন্ধনরেখা করিয়া পুরোস্থান এবং পশ্চাৎস্থান যথাদিক্রে চালিত হইতেছে কি না পরীক্ষিত হয়।

২। স্বচ্ছন্দগামী স্ট্রদের (bords) অর্থাৎ কয়লার সিউনি (cleat) অনুযায়ী যে দিকে সহজে ষ্ট্রাহাকে কাটা যায় সেটাদিক চালিত স্ট্রদের সহিত যখন উহার সমকোণে চালিত কটুগামী স্ট্রদ (walls) ভেদ (holings) করে, তখন ট্রাভার্স সীমাবদ্ধ করিয়া জরিপ পরীক্ষিত হয়।

৩। যে খনিতে দীর্ঘ প্রাচীর (long wall) নামক উপায়ে কার্য হইতেছে তথায় প্রবেশ পথ (gateways) অর্থাৎ যে স্থানে কয়লা কাটা হইতেছে তথা হইতে নির্গত ক্ষুদ্র রাস্তা যখন আন্তঃপ্রস্থিক অগ্রগামী রাস্তার (cross headings) সহিত সংযুক্ত হয় তখন ট্রাভার্স সীমাবদ্ধ হয়।

৪। প্রধান উদাহরণঃ—যখন এক বিভাগের (district) জলসম স্ট্রদ (levels) অথবা বিভাগের ঐরূপ স্ট্রদ ভেদ করে (holings), তখন ঐগুলির সাহায্যে হলেজ রাস্তা সমুদয় যথাযথ ভাবে চালান হইয়াছে কি না জানা যায়।

চানক দ্বারা, কিম্বা ভূপৃষ্ঠ হইতে কয়লাস্তরে অথবা এক স্তর হইতে অল্প স্তরে বোর-গর্তের সাহায্যে, সুন্দররূপে জরিপ কার্য পরীক্ষা করা যায়।

সীমাবদ্ধ ট্রাভার্সের (অর্থাৎ যে জরিপ কোন একস্থান হইতে আরম্ভ হইয়া সেই স্থানেই শেষ হইয়াছে closed traverse) যতগুলি কোণই থাকুক না কেন, উহার রেখা সমূহ দ্বারা যে বহুভুজ উৎপন্ন হইয়াছে তাহার অভ্যন্তরীণ কোণ সমূহ যোগ করিলেই কোণগুলি মাপ করিতে ভুল হইয়াছে কি না জ্ঞাত হওয়া যায়। দক্ষিণাবর্ত যন্ত্রের সাহায্যে নিয়ন্ত্রিত সীমাবদ্ধ ট্রাভার্স করা হইয়াছে। উহা সপ্তভুজক্ষেত্র। সমুদয় অভ্যন্তরীণ কোণ যোগ করিলে $2 \times 7 - 4$ সমকোণ অর্থাৎ 10 সমকোণ কিম্বা ৯০° হইবে।

শিকলের রেখা।	নিয়ম।		দ্রব্য।	মন্তব্য।	অভ্যন্তরীণ কোণ।
ক প	২১৫"	২৬"	২২১	খাদি ভূমিবেশ	১৪৪° ৪৩' ৪০"
প গ	৩৩০"	৩৬"	২২২		১২১° ২১' ০০"
গ ঘ	৩১৩"	২২"	১৮৯		৪৬° ১৭' ২০"
ঘ ঙ	৯২"	০৫"	২০৫		৩৩৭° ৫৫' ০০"
ঙ চ	৩১১"	৩১"	২০৭		৪০° ২৯' ০০"
চ ছ	১৭৭"	২১"	২১০		১৮২° ৩৮' ২০"
ছ ক	২৭১"	১৪'	১২২		৮৩° ৪৫' ২০"

এখানে অভ্যন্তরীণ কোণগুলি যোগ করিলে $৮৯৯^{\circ} ১৯' ৪০''$ হয় ; অতএব $৩০' ২০''$ অর্থাৎ প্রায় অর্ধ ডিগ্রি ভুল হইয়াছে। যে স্থান জরিপ হইতেছে তাহার কোন অংশে যদি ত্রিভুজ করিয়া কার্খা পরীক্ষা করিবার সুবিধা থাকে, তবে ঐরূপ করিবে। কারণ গণিতানুসারে ত্রিভুজকে সহজেই সমাধান করা যায়। এই বিষয়ের অনুশীলন পূর্বে দেওয়া হইয়াছে।

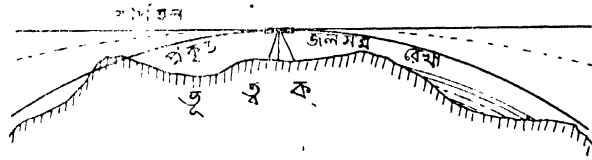
ষষ্ঠ অধ্যায়ের প্রশ্নমালা ।

- ১। বন্ধশলাকা দ্বারা এবং মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপের প্রধান পার্থক্য বিবৃত কর।
- ২। টাভাস জরিপে পর পর পঞ্চাশগুলি উচ্চাদের ভূমিরেখার সহিত যত কোণ কবে, তাহা হইতে ঐ রেখাগুলি আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করিবেন তাহা গুণনা দ্বারা কিরূপে নির্ণয় করিবেন ?
- ৩। কোন স্থলে থিয়োডোলাইট, বন্ধশলাকাডায়াল অথবা মুক্তশলাকাডায়াল ব্যবহৃত হয় ?
- ৪। এক শিক্ষানবীশের ক্ষেত্র-পুস্তকে এইরূপ লেখা আছে। ইহাতে স্পষ্ট ভুল কোনগুলি ?
 - (ক) রায় মহাশয়ের দ্বিভূজাকৃতি ক্ষেত্রের জরিপ :—
 উত্তর কোণ হইতে দক্ষিণ-পশ্চিম কোণ (ভূমিরেখা), ২৭৯ ফুট।
 দক্ষিণ-পশ্চিম কোণ হইতে দক্ষিণ-পূর্ব কোণ ৮৬° ৪৮', ৩৪২ ফুট।
 দক্ষিণ-পূর্ব কোণ হইতে উত্তর কোণ ৪৪° ২৪', ৬২৯ ফুট।
 - (খ) মা বাবুর পঞ্চবাহুব্রু ক্ষেত্রের জরিপ :—
 গক ভূমিরেখা
 খগ ১৩৬° ৫৭', ৬৭ ফুট।
 গঘ ১৪২° ১৫', ১২৯ ফুট।
 ঘঙ ৮৬° ০৬', ১০০ ফুট।
 ঙক ১২৫° ৩৩', ১৯৭ ফুট।
 কগ ১৮৩° ১৫', ১৩১ ফুট।
- ৫। গনির ভিতরে কোন স্থানে বন্ধশলাকাজরিপ করা হইয়াছে। উহাতে অন্ততঃ পাঁচটি কোণ আছে। উহার ক্ষেত্র-পুস্তক লেখ।
- ৬। নিম্নস্থ জরিপে কোন কোন স্থানে বন্ধনরেখা পাওয়া যায় ?
 - ৭। একটা “ধোতের” (wash out) উভয় পাশে একটি কয়লাখনির কাজ চলিতেছে। ধোতের প্রস্থ ১০০ গজ। এক পাশে হইতে ধোত ভেদ করিয়া অন্য পাশে উহার নিকটস্থ চানকে পৌছাইতে একটা রজ রাস্তা শাখা চালাইতে হইবে। মনে কর, ধোতের উভয় পাশস্থ স্থর এক সমতলে আছে। রাস্তাটি কিরূপে চালাইবে সবিস্তারে বর্ণনা কর।
 - ৮। বন্ধশলাকাজরিপ কার্যের সঙ্গে সঙ্গে বেথা সকল আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করে তাহা কিরূপে গুণনা বাতীত যন্ত্রে পাঠে করা যায় বর্ণনা কর। এই উপায়ের অন্ত্রবিধা কি ?

সপ্তম অধ্যায় ।

জলসমীকরণ (levelling) ।

জলসমীকরণ যন্ত্রের দৃষ্টিরেখা ক্ষিত্তিজতলে থাকে । সুতরাং যন্ত্রকে আবর্তিত করিলে ঐ রেখা একটা ক্ষিত্তিজতল অনু-সরণ করিবে, এবং ঐ তল যে রেখায় কোন দ্রব্যের সহিত মিলিত হয় সেই রেখার অবস্থান জলসমীকরণ পুস্তকে (level book) নির্দেশ করিতে হইবে । জলসমীকরণ যন্ত্রযোগে (levelling instrument) বিভিন্ন বিন্দুর আপেক্ষিক উচ্চাবচতা নির্ণীত হয় । এই কার্যকে জলসমীকরণ বলে । পৃথিবী প্রায় গোল । অতএব যথার্থতঃ ভূপৃষ্ঠে দুই বিন্দুর উচ্চতার বিয়োগফল ভূকেন্দ্র হইতে উহাদের দূরত্বের বিয়োগফলের সমান । যন্ত্রের দৃষ্টি-রেখানুসৃত তথাকথিত ক্ষিত্তিজতল বাস্তবিক ভূমণ্ডলের স্পর্শতল (tangent plane) । ফলে উহার সাহায্যে কোন এক বিন্দু অপেক্ষা অন্য একটীর উচ্চতা সকল সময়ে সঠিক নিরূপিত হয় না । আরও প্রকৃত দৃষ্টিরেখা ঋজু নহে । উহার বক্রীভবনের (refraction) জন্য বাঁকিয়া যায় । অতএব তথাকথিত ক্ষিত্তিজতল একটা বৃত্ত কাল্পনিক গোলকের অংশমাত্র । উহা যেখানে যন্ত্র বসান হইয়াছে তথায় ভূপৃষ্ঠ স্পর্শ করে । ৮৭ম চিত্রে প্রকৃত অবস্থা বঙ্কিত



৮৭ চিত্র ।

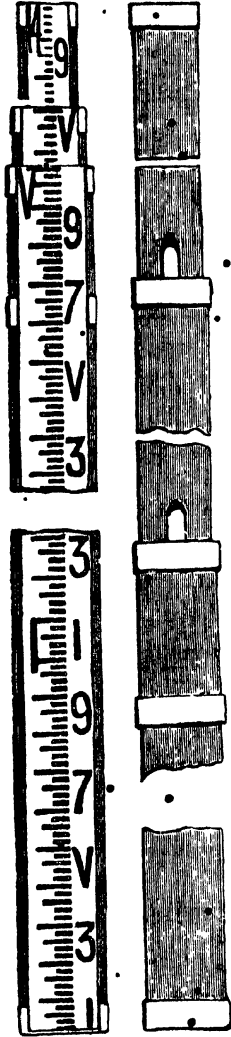
করিয়া অঙ্কিত হইয়াছে । যাহা হউক, একটা খনি পৃথিবীর উপরিভাগের অতি ক্ষুদ্র অংশ ব্যাপিয়া থাকে বলিয়া খনিজরিপে ভূপৃষ্ঠকে সমতল ধরা যাইবে, এবং যন্ত্রানুসৃত ক্ষিত্তিজতল হ্রদের বা পুষ্করিণীর শান্ত জলপৃষ্ঠের সমান্তরাল বলিয়া গৃহীত হইবে

জলসমীকরণে একটা ডেটম্ রেখা, অথবা বিশুদ্ধভাবে বলিতে গেলে একটা ডেটম্ সমতল কল্পনা করা হয়, এবং কোনও একটা

ডেটম্ (datum) ।

বিন্দু অবলম্বনসূত্রে উহার কত উপরে বা নিম্নে আছে নিরূপিত হয় । অতএব যে সকল বিন্দু জলসমীকৃত হইয়াছে তাহারা

লক্ষ্যভাব্বে একের তুলনায় অন্যটি কত উচ্চ বা নাচে আছে সহজেই বুঝা যায়। উদাহরণতঃ ডেটম্ হইতে ক যদি ১৯'৫৫ ফুট উর্দ্ধে এবং খ ২'০'৩০ ফুট নিম্নে থাকে, তবে ক খ অপেক্ষা ১৭'৮৫ ফুট উচ্চ আছে। এই উচ্চতাকে গণিত উচ্চতা (reduced level) বলে।



খনির জরিপে প্রায় এমন স্থানে ডেটম্ কর্ত্তনা করা হয় যে, যে সকল স্থানে জল-সমীকরণ হইবে সেই স্থানগুলি উহার উপরে থাকে। এতদ্বারা জলসমীকরণ পুস্তকে অথবা নক্সায় গণিত উচ্চতা সমূহ লিপিবদ্ধ করিতে ধন (+) স্বর্ণ (-) চিহ্ন ব্যবহারের অসুবিধা নিরাকৃত হয়। অল্প অবনত স্থরে চানকের তলদেশ হইতে ২০০ ফুট নীচে ডেটম্ লওয়াই প্রশস্ত। অতএব একই কয়লাভূমির বিভিন্ন খনিতে ডেটম্ বোধ হয় (বোধ হয় কেন, নিশ্চয়ই), সম্পূর্ণ পৃথক হইবে। কিন্তু দুই বা ততোধিক স্বতন্ত্র খনির কাঁধা সমূহ পরস্পর কত উঁচু বা নীচু তাহা উহাদের ডেটম্ রেখাকে উপরিস্থ ভূমিতে একটা সাধারণ বিন্দুর, কিম্বা অর্ডন্যান্স (ordnance) জরিপের বেঞ্চি-চিহ্ন (স্থায়ী চিহ্ন যাহার গণিত উচ্চতা জালা আছে bench mark) সমূহের সহিত তুলনা করিলে স্থির হইবে। জরিপ বিভাগের সরকারী কর্মচারীগণ সুবিধামত স্থায়ী জায়গায় বেঞ্চি-চিহ্ন সকল স্থাপন করিয়াছেন। লিভারপুলস্থ সমুদ্রের মধ্যমজলপৃষ্ঠ (mean sea level) গ্রেটব্রিটেন দেশে অর্ডন্যান্স জরিপের ডেটম্ রেখা, এবং করাচির নিকটস্থ তাদশ জলপৃষ্ঠই ভারতবর্ষের ডেটম্ রেখা।

উপরিস্থ জরিপে সচরাচর সপউইথের গজ (Sopwith staff)

পরিমাপদণ্ড গ্রহণ করা গড় ব্যবহৃত হয়। উহা (the levelling staff) ১৪ ফুট লম্বা, এবং

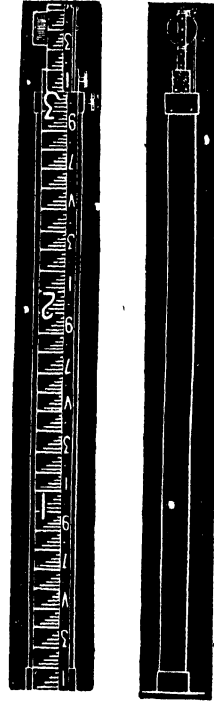
তিন টুকরায় বিভক্ত। এই টুকরাগুলি দূর-বীক্ষণের চুঙ্গীর মত বিন্যস্ত, অর্থাৎ একটীর

৮৮ চিত্র—সপউইথের জলসমীকরণ গজ। ভিত্তর আর একটা থাকে। ৮৮ম চিত্র দেখ।

গজ ফুটে, উহার দশাংশে এবং শতাংশে বিভক্ত। গজে অঙ্কগুলি পাঠ করিতে ভাল করিয়া শিক্ষা করা আবশ্যিক। কারণ যন্ত্রের ভিতর দিয়া গজের প্রতিচ্ছবিকে উল্টা দেখায়। সপউইথের গজে অঙ্কগুলি একপে লিখিত যে, জলসমীকরণ যন্ত্রের দ্বিভিজকেশ (horizontal hair) যে অঙ্কের উপরিভাগের সহিত মিলিবে তাহাই উহার পাঠ হইবে,

অর্থাৎ কেশ যদি কৃষ্ণবর্ণ ৭ এর উপরিভাগের সহিত মিলে তবে পাঠ এক ফুটের সপ্তদশমাংশ। ৭ এর তলদেশের সহিত মিলিলে ষড়দশমাংশ পাঠ জ্ঞাপন করিবে। গজে পর পর কাল এবং সাদা অংশ প্রত্যেককেই বিভক্ত করিয়া এক ফুটের শততমাংশ সূচিত হয়।

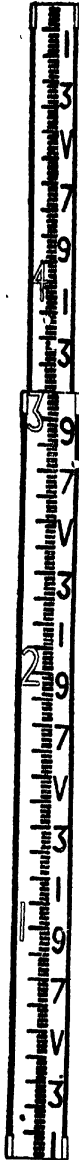
পাতলা স্তরে খনির ভিতরে সিটন ডেলাভালের গজ (Seaton Delaval staff) ব্যবহার করাই প্রশস্ত। ৮৯ম চিত্রে দেখ। উহার প্রধান অংশটি ৩ ফুট লম্বা। উহাতে একটা ছোট অংশ আছে। ছোটটি বড়টির ভিতর দূরবীক্ষণের চুম্বীর সদৃশ যাতায়াত করে। উহার সাহায্যে গজকে ৫'৭৫ ফুট পর্য্যন্ত বদ্ধিত করা যায়। ছোট অংশের ভাগ সমূহ উল্টাদিকে থাকে। অতএব উহাকে যখন এক ফুট বাহির করা হয়, তখন কেবলমাত্র ফুট নির্দেশক লাল ৪ অঙ্ক বাহিরে আসে। সুতরাং



সম্মুখ চিত্র। • পার্শ্ব চিত্র।

৯০ চিত্র—জীর জলসমীকরণ গজ।

গজকে ৩ ফুট পর্য্যন্ত সহজে পাঠ করা যায়। তিন ফুটের অধিক পাঠ করিতে হইলে ছোট অংশকে, যতক্ষণ না উহার উপরিভাগ যন্ত্রের দ্বিভিজকেশের সহিত মিলে, ততক্ষণ বদ্ধিত করিয়া দুই অংশের সংযোগস্থলকে পাঠ করিবে। এই গজ দ্বারা ৪ হইতে ৫½ ফুট উচ্চতা সহজে মাপ করা যায়। ৯০ম চিত্রে প্রদর্শিত জীর (Gee's) গজ অপেক্ষা ইহা দৃঢ়।



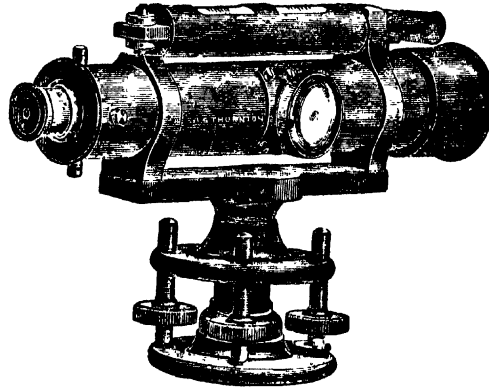
৮৯ চিত্র—সিটন ডেলাভালের জল-সমীকরণ গজ।

জার গজে প্রধান অংশটী ৩ ফুট দৃশ্য। • ইহাতেও সপডহথের গজের মত এক বা ততোধিক ক্ষুদ্র অংশ আছে। • ক্ষুদ্র অংশে একটী চওড়া ফিতা থাকে। ফিতায় প্রচলিত প্রথায় অঙ্ক লিখিত। ক্ষুদ্র অংশকে ভিতরে প্রবেশ করাইলে বা বিচ্ছিন্ন করিলে ফিতা একটী কুণ্ডলীকৃত স্প্রিংএর সাহায্যে আপনা হইতেই সঙ্কুচিত ও প্রসারিত হয়। সহকারী ক্ষিতিজতলেই হউক বা চালু জায়গায় হউক সকল স্থানেই তাহার গজ অবলম্বন দ্বারা ধরিতে নিয়ত যত্ববান থাকিবেন গজ একবার একস্থানে বসাইলে কার্য শেষ না হওয়া পর্য্যন্ত উহাকে যেন সরান না হয়। এ বিষয় জরিপকারী বিশেষ লক্ষ্য রাখিবেন।

জ্বলসমীকরণে সচরাচর ডাম্পি যন্ত্র (Dumpy level) ব্যবহৃত হয়।

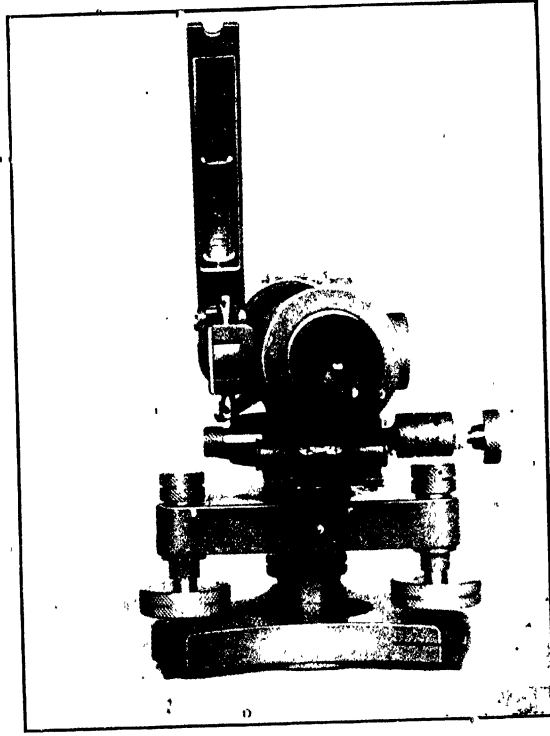
জ্বলসমীকরণ যন্ত্র
(the level)।

ইহাতে একটী দূরবীক্ষণ আছে। দূরবীক্ষণের উপরে একটী বুদ্ধদৃশ্য কাচের নল সংযুক্ত হয়। নল দূর-বীক্ষণের একাক্ষরেখার (line of collimation) সমান্তরালে থাকে। সহজ দৃষ্টি অপেক্ষা দূরবীক্ষণ দ্বারা দূরবস্তী দ্রব্য স্পষ্ট দেখা যায়। দূরবীক্ষণে উপনৈত্রথের (eye piece) সম্মুখে একটী বিল্লী (diaphragm) থাকে। উহাতে মাকড়সার মত কিশ্বা হীরক চিহ্নিত (diamond engraved) কাচ সংযুক্ত হইলে একাক্ষরেখা পাওয়া যায়।

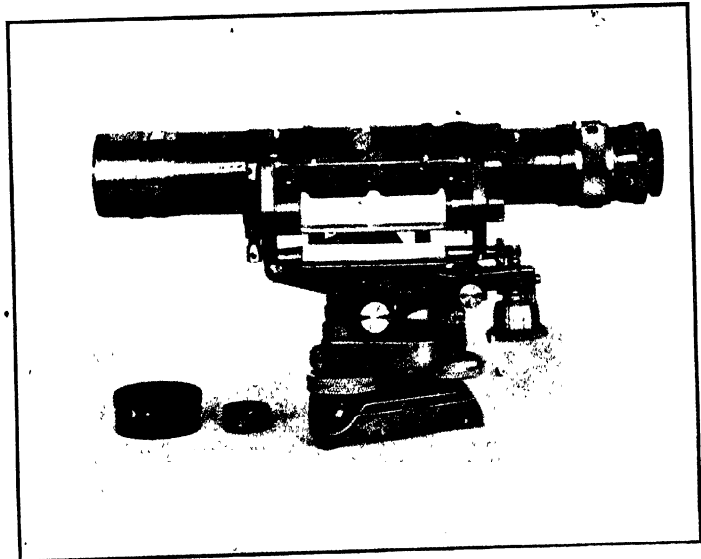


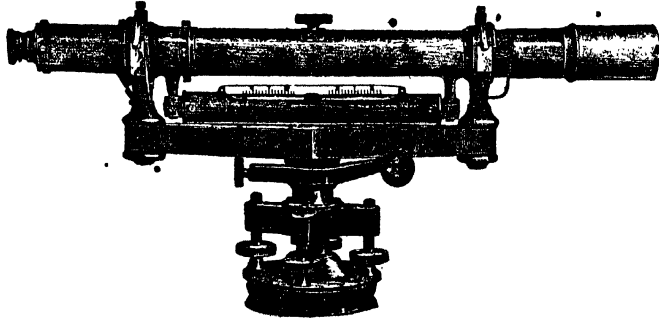
৯১ক চিত্র—ডাম্পি জ্বলসমীকরণ যন্ত্র।

বিল্লী এবং বুদ্ধদৃশ্য নলে যে ক্যাপষ্ট্যান (capstan) স্ক্রু সকল আছে সেইগুলির সাহায্যে উহাদিগকে ব্যবস্থিত (adjust) করা যাইতে পারে। বিল্লী ৯২ম (ক) চিত্রানুরূপ সরলাকৃতি হইবে, অথবা এইরূপ হইবে যে, উহা দ্বারা গজ পাঠ পূর্বক কিছু গণনা করিয়া যন্ত্র হইতে গজ কতদূরে আছে অনায়াসে নির্ণয় করা যাইবে। শেষোক্ত প্রকার বিল্লীতে কেন্দ্ররেখার উপরে এবং নীচে সমান দূরে দুইটী অতিরিক্ত ক্ষিতিজকেশ (কেশ wire) থাকে। উহাদিগকে ষ্টাডিয়া-তার



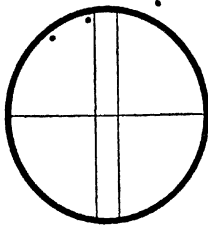
৯১খ চিত্র—উৎকৃষ্ট ডাল্পি জলদমীকরণ যন্ত্র, উচ্চাভে বৃদ্ধ, দৃঢ়তা নলকে দেখাবার জন্য অবনত দর্পণ আছে।



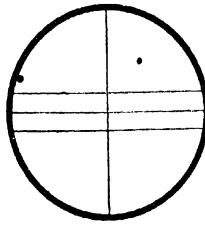


৯১খ চিত্র—স্তাডা জলসমীকরণ যন্ত্র।

(stadia wire) বলে। ৯১ (খ) চিত্র দেখ। উহাদের ব্যবধান একরূপ যে দূরবীণের ভিতর দিয়া দেখিলে গজে ঐ ছটী তারের মধ্যে যে ব্যবধান থাকিবে



৯২ক চিত্র।



৯২খ চিত্র।

তাহা যন্ত্র হইতে গজের ব্যবধানের শতত-মংশ। অর্থাৎ গজে যদি তারের মধ্যে ১'৪৫ ফুট থাকে, তবে দশকের নিকট হইতে গজ ১৪৫ ফুট অন্তরে থাকিবে। অতএব

এই উপায়ে শিকলের

সাহায্য ব্যতীত দূরত্ব মাপ সম্ভব। যন্ত্রকে জলসম করিবার জন্য উহাতে ৪টা অথবা ৩টা পাদস্ক্রু (foot screw) থাকে। ৩টা ক্ষুদ্র যন্ত্র অধিকতর উপযোগী। যন্ত্র যথাযথ ব্যবস্থিত হইলে উহার দূরবীক্ষণ যে কোন দিকে থাকুক না কেন, বৃদ্ধ উহার নলের ঠিক মধ্যভাগে থাকিবে। সহজে ও তাড়াতাড়ি যন্ত্রকে জলসম করিবার নিমিত্ত উহাতে একটি বৃদ্ধ ক্ষুদ্র চাক্তি অথবা আড়ভাবে একটি ক্ষুদ্র বৃদ্ধ ক্ষুদ্র নল দেওয়া থাকে।

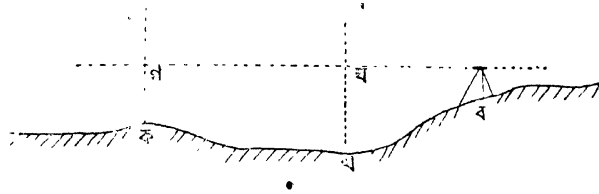
খনিতে জলসমীকরণের বিশেষ প্রয়োজন। উহা সাহায্যে ম্যানজার খনির বিভিন্ন স্থানের আপেক্ষিক উচ্চতা স্থির করিয়া জল নিকাশের ব্যবস্থা করিতে পারেন; একটি রাস্তায় স্থায় চালিত (self acting) প্রণালীতে গাড়ী চালাইতে পারা যাইবে কি না স্থির করিতে পারেন; অন্যান্য দ্রব্যের অবস্থিতি অনুসারে রাস্তা সমূহের স্থান নির্দেশ করিতে ও উহাদিগকে কাগজে অঙ্কিত করিতে পারেন; এবং দৃষ্টিমাত্রই একটি “স্ফীতির” (swally) উপর পার্শ্ব কয়লা আছে কি না নির্ণয় করিতে পারেন, ও সহসা খাদে অভ্যন্তর জল হইলে ঐ পার্শ্ব বিচ্ছিন্ন হইবে কি না, তাহাও স্থির করিতে পারেন।

জলসমীকরণের উপকারিতা
(utility of levelling):

নানা স্থানের গণিত উচ্চতা (ডেটম সমতল হইতে উচ্চতা reduced level) নক্সায় লিখিয়া রাখা যুক্তিযুক্ত, যদিও ঐগুলি ঐ সময়ে আবশ্যক নাও হইতে পারে। অনেক সময়ে দেখা গিয়াছে, একটী পুরাতন নক্সায় গণিত উচ্চতা লিখিত থাকিতে পরে বিশেষ লাভ হইয়াছে; যথা একটী নিঃশেষিত স্তরের উপরে অথবা নীচে নূতন স্তরে কার্য্য আরম্ভ করিতে হইলে, পূর্ব্ব হইতেই, এমন কি, কিছুমাত্র কয়লা কাটিবার পূর্ব্ব, হলেজ রাস্তার স্থান নির্ণয় এবং জল নির্গমনের বন্দোবস্ত করণ। কারণ নূতন স্তর প্রায় পুরাতনের সমান্তরালে থাকে। এই পূর্ব্বজ্ঞান অত্যন্ত প্রয়োজনীয়। বিভিন্ন স্থানের গণিত উচ্চতা কয়লা নক্সায় নীল কালীতে এবং কয়লার দাওয়া কাল কালীতে লিখিত হয়।

জলসমীকরণের সহজ অর্থ একস্থান হইতে অন্যস্থানের উচ্চতা নিরূপণ করা। স্থানদ্বয়ের উপর গজ রাখিলে গজকে দূর-বিক্ষেপের মধ্য দিয়া দেখিতে পাওয়া যাইবে। ৯ম চিত্রে দর্শক ব স্থান হইতে ক্ষিতিজতলগত একাক্ষ-রেখার গজ দেখিতে ছেন। মনে কর, ক তে গজের পাঠ ১'৬৭ হইল। অর্থাৎ

জলসমীকরণ ক্রিয়া
(operation of levelling)



৯ম চিত্র।

কগ দৈর্ঘ্য ১'৬৭ হইল। তারপর গজকে খ বিন্দুতে সরান হইল, এবং খঘ দৈর্ঘ্য দেখা হইল। মনে কর, উহা ৪'৩৪ ফুট। বলা বাহুল্য, ক অপেক্ষা খ ১'৬৭ ফুট নীচে, অর্থাৎ ক হইতে খ এর পতন (fall) ১'৬৭ ফুট। যদি ক হইতে খ দিকে জলসমীকরণ হয়, তবে কগ কে পশ্চাদর্শন (back sight) এবং খঘ কে পুরোদর্শন (fore sight) বলে।

যন্ত্রকে অগ্রভাগে সুবিধাজনক জায়গায় স্থানান্তরিত করিয়া ও যে স্থানে শেষ গজ ধরা হইয়াছিল তাহাকে পশ্চাতে রাখিয়া উপরোক্ত প্রণালীতে পুনরায় কার্য্য করিতে হইবে। জলসমীকরণের সময় যে দুইটী স্থানের মধ্যে যন্ত্র রাখিতে হইবে সেই দুইটী স্থান সংযুক্ত করিয়া যে রেখা হইবে যন্ত্র ঠিক সেই রেখার উপর রাখিবার কোনও আবশ্যকতা নাই। স্থানে স্থানে, যথা নিম্নভূমির তলদেশে কিম্বা উচ্চ ভূমির চূড়ায়, আবশ্যক বিবেচিত হইলে মধ্যদর্শন (intermediate sight) লইতে হইবে।

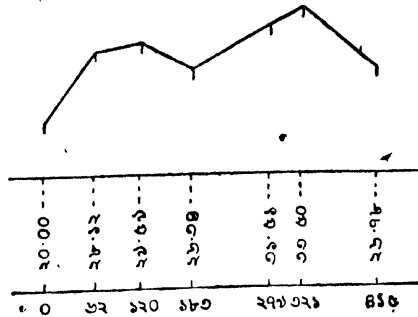
ইহাতে আমরা দেখিতে পাই, পুরোদর্শনগুলির যোগফল ও পশ্চাদর্শনগুলির যোগফল এই উভয়ের বিয়োগফল, উত্থান সমূহের সমষ্টি ও পতন সমূহের সমষ্টি এই উভয়ের বিয়োগফলের সমান; এবং প্রথম ও শেষ যেস্থানে গজ ধরা হইয়াছিল সেই দুই স্থানের মধ্যে একটী অপেক্ষা অন্যটির উচ্চতা এই বিয়োগফলের সমান। এই সমতা দ্বারা পুস্তকে উত্থান এবং পতন সমুদয়ের গণনা নিভুল হইল কি না জ্ঞাত হওয়া যায়।

যে কোন মানানুসারে জলসমীকরণ ছেদ (level section) অঙ্কিত করা যাইতে পারে; কিন্তু ভূপৃষ্ঠের বন্ধুরতা স্পষ্ট করিয়া প্রদর্শিত করিতে হইলে উদ্ধাধঃ তলে এবং ক্ষিতিজতলে মাপ বিভিন্ন মানানুসারে অঙ্কিত করা আবশ্যিক।

জলসমীকরণের ছেদ অঙ্কন
(plotting level section.)

উদ্ধাধঃ মান ক্ষিতিজমান অপেক্ষা বৃহৎ হইবে। অতএব জমির ঢাল উহার প্রকৃত অবস্থা অপেক্ষা ছেদে অত্যন্ত অধিক দেখাইবে। সুতরাং কাটান ড্রেন এবং বাঁধ সম্বন্ধীয় গণনাগুলি অনেকটা সূক্ষ্ম হইবে। সাধারণতঃ উদ্ধাধঃ মান ক্ষিতিজমান অপেক্ষা ১০ গুণ বদ্ধিত করা হয়; যথা ক্ষিতিজমান যদি ১০০ ফুট = ১ ইঞ্চি হয়, তবে উদ্ধাধঃ মান ১০ ফুট = ১ ইঞ্চি হইবে। এই মান বিশেষ সুবিধাজনক। কারণ এক ইঞ্চিকে ১০ ভাগ করিয়া মানদণ্ড প্রস্তুত করিলে তাহা উভয় দিকেই ব্যবহৃত হইতে পারে। ১০ ফুটে ১ ফুট কিংবা ৮ ফুটে ১ ফুট এবিধ অত্যন্ত ঢাল স্থরে ক্ষিতিজমান ১০০ ফুট = ১ ইঞ্চি এবং উদ্ধাধঃ মান ১০ ফুট = ১ ইঞ্চি উপযোগী।

২৪ম চিত্রে প্রদর্শিত কার্যের মানানুসারে ছেদ অঙ্কিত করিতে প্রথমে একটী ক্ষিতিজতলগত রেখা টানিতে হইবে। ঐ রেখা ডেটম সমতল হইতে কত উচ্চে আছে তাহা যেন জানা থাকে। চিত্রে রেখা ডেটম সমতল হইতে ১৫ ফুট উচ্চে আছে, অর্থাৎ উহার গণিত উচ্চতা ১৫ ফুট।



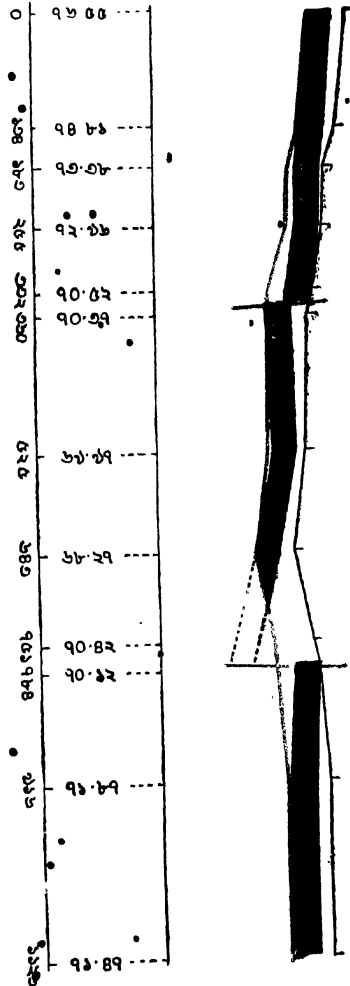
২৫ চিত্র—১২২ পৃষ্ঠায় জলসমীকরণ পুস্তকের যে নিম্ন দেওয়া হইয়াছে

ইহা তাহার ছেদ চিত্র; উদ্ধাধঃ মান ২০ ফুট = ১ ইঞ্চি, ক্ষিতিজমান

১০০ ফুট = ১ ইঞ্চি।

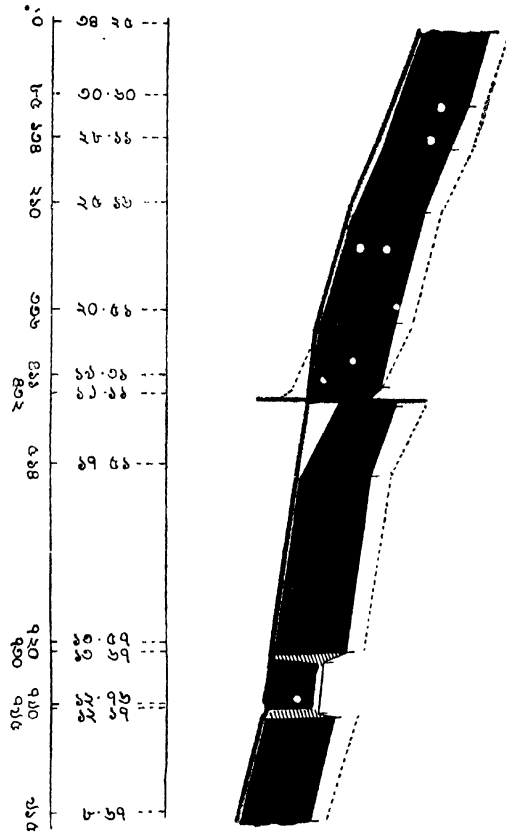
সুবিধামত স্থানে আর একটী রেখা টানা হইয়াছে। শিকল দ্বারা মাপ করিয়া প্রাপ্ত দূরত্বগুলি নীচের রেখায় বসান আছে। অঙ্কনের সুবিধার জন্য রেখা দুইটির মধ্যে গণিত উচ্চতা সমূহ মুদ্রিত হইয়াছে। সম্পূর্ণ ছেদ ২৫ম চিত্রে দেখ। উহার ক্ষিতিজমান ১০০ ফুট = ১ ইঞ্চি এবং উদ্ধাধঃ মান ১০ ফুট = ১ ইঞ্চি।

দূরে অবস্থিত দুই বিন্দুর মধ্যে একটি অপরটি হইতে কত উচু বা নিম্নে আছে তাহা নিরূপণ আবশ্যক হইলে সংক্ষিপ্ত জলসমী-
 করণ প্রণালী অবলম্বিত হইয়া থাকে। এই প্রণালীতে.
 যে রেখাতে জলসমীকরণ হয় সে রেখাতে ভূপৃষ্ঠের বন্ধ-
 রতা মাপিবার চেষ্টা করা হয় না। উচ্চ এবং নিম্ন ভূমির পার্থক্য দেখান হয় না, এবং



২৬ চিত্র।
 উচ্চাংশ: মান ২০ ফুট = ১ ইঞ্চি, ক্ষতিজমান ১০০ ফুট = ১ ইঞ্চি।

খজু রেখায়ও কার্য করার আবশ্যক হয় না। জরিপকারী যন্ত্র দ্বারা যতদূরে দেখা যায় ততদূরে গজ রাখিয়া উহাকে দেখেন। এবং যাহাতে শীঘ্র কার্য সম্পন্ন হয় কেবল মাত্র সেইদিকে তাঁহার লক্ষ্য থাকে। সংক্ষিপ্ত জলসমীকরণ দ্বারা নিম্নলিখিত কার্যগুলি হয় :—নিকটবর্তী অর্ডন্যান্স বেঞ্চি-চিহ্ন হইতে কোন অব



৯৭ চিত্র।

উচ্চতা, মান ২০ ফুট - ১ ইঞ্চি ; ক্ষিতিমান ২০০ ফুট - ১ ইঞ্চি।

কত নীচে বা উচ্চে আছে স্থির করা ; দৈনিক জরিপে যে বিন্দু হইতে কার্য আরম্ভ করিতে হইবে তাহাকে কোন একটা বিন্দুর (যাহার গণিত উচ্চতা জানা আছে) সহিত সংযোগ করা ; কোন একটা বেঞ্চি-চিহ্ন বিলুপ্ত হইলে বা দৈবক্রমে ভাঙ্গিয়া যাইলে পুনঃস্থাপিত করা। আরও এই প্রণালী দ্বারা দৈনন্দিন কার্যে আরম্ভ

বিন্দু হইতে শেষ বিন্দুর মধ্যবর্তী স্থানে কার্য্য নিৰ্ভুল হইয়াছে কি না শীঘ্র মিলাইয়া দেখা যায়। শেষোক্ত কার্য্যে এই সংক্ষিপ্ত জলসমীকরণ অধিক ব্যবহৃত হয়। শেষোক্ত কার্য্যের অপর নাম পরীক্ষা জলসমীকরণ (check level)। এইভাবে পরীক্ষা করিয়া কার্য্যে বিশেষ কৌনও ভুল না পাইলে জরিপকারী নিরুদ্ভিন্ন চিত্তে তাঁহার দৈনিক জরিপ কার্য্যের ছেদ অঙ্কিত করিতে পারেন।

ভূপৃষ্ঠের ন্যায় খনির ভিতরে যে ভূমির (স্থূঁদ অথবা রাস্তা) উপর দিয়া জলসমীকরণ হইবে সেই স্থানের প্রধানতঃ বন্ধুরতা খনির অভ্যন্তরে জলসমীকরণ (underground work) ছেদ দেখাইতে হইবে। এতদ্ব্যতীত যে সকল স্থানে গজ ধরা হয় তথাকার স্থূঁদের উচ্চতা আবশ্যক বিবেচিত হইলে প্রস্তরগুলির প্রকৃতি (যথা কয়লাস্তরের ভিতরে আগ্নেয় প্রস্তরের প্রবেশ) স্তরের দাওয়া ও উহার অবস্থিতি, স্তর মধ্যে প্রস্তরের উপস্থিতি (অর্থাৎ কয়লাস্তর যদি প্রস্তর লাগিয়া থাকে) এবং স্থানচ্যুতি ও ভূতি পুস্তকে লিখিতে হইবে ও ছেদ আঁকিয়া দেখাইতে হইবে। এই হেতু খনির জলসমীকরণ পুস্তকের ঘরগুলি (column) ভূপৃষ্ঠস্থ জলসমীকরণ পুস্তকের ঘরগুলি হইতে ভিন্নরূপ হইবে। কারণ পূর্বোক্ত পুস্তকের ঘরগুলির সাহায্যে কয়লাস্তরের অবস্থান অন্বেষণ পুস্তকে লিখিত ও ছেদে অঙ্কিত হইতে পারে। নিম্নে খনির জলসমীকরণ পুস্তকের ঘর সমূহের শীঘ্র-লিপি প্রদত্ত হইল :—

১. উচ্চতা	২. দৈর্ঘ্য	৩. প্রস্থ	৪. কয়লাস্তরের নাম	৫. প্রস্তরের নাম	৬. স্থানচ্যুতি	৭. ভূতি	৮. গজ ধরা	৯. স্থানচ্যুতি	১০. ভূতি	১১. গজ ধরা	১২. স্থানচ্যুতি	১৩. ভূতি	১৪. গজ ধরা	১৫. স্থানচ্যুতি	১৬. ভূতি	১৭. গজ ধরা	১৮. স্থানচ্যুতি	১৯. ভূতি	২০. গজ ধরা	২১. স্থানচ্যুতি	২২. ভূতি	২৩. গজ ধরা	২৪. স্থানচ্যুতি	২৫. ভূতি	২৬. গজ ধরা	২৭. স্থানচ্যুতি	২৮. ভূতি	২৯. গজ ধরা	৩০. স্থানচ্যুতি	৩১. ভূতি	৩২. গজ ধরা	৩৩. স্থানচ্যুতি	৩৪. ভূতি	৩৫. গজ ধরা	৩৬. স্থানচ্যুতি	৩৭. ভূতি	৩৮. গজ ধরা	৩৯. স্থানচ্যুতি	৪০. ভূতি	৪১. গজ ধরা	৪২. স্থানচ্যুতি	৪৩. ভূতি	৪৪. গজ ধরা	৪৫. স্থানচ্যুতি	৪৬. ভূতি	৪৭. গজ ধরা	৪৮. স্থানচ্যুতি	৪৯. ভূতি	৫০. গজ ধরা	৫১. স্থানচ্যুতি	৫২. ভূতি	৫৩. গজ ধরা	৫৪. স্থানচ্যুতি	৫৫. ভূতি	৫৬. গজ ধরা	৫৭. স্থানচ্যুতি	৫৮. ভূতি	৫৯. গজ ধরা	৬০. স্থানচ্যুতি	৬১. ভূতি	৬২. গজ ধরা	৬৩. স্থানচ্যুতি	৬৪. ভূতি	৬৫. গজ ধরা	৬৬. স্থানচ্যুতি	৬৭. ভূতি	৬৮. গজ ধরা	৬৯. স্থানচ্যুতি	৭০. ভূতি	৭১. গজ ধরা	৭২. স্থানচ্যুতি	৭৩. ভূতি	৭৪. গজ ধরা	৭৫. স্থানচ্যুতি	৭৬. ভূতি	৭৭. গজ ধরা	৭৮. স্থানচ্যুতি	৭৯. ভূতি	৮০. গজ ধরা	৮১. স্থানচ্যুতি	৮২. ভূতি	৮৩. গজ ধরা	৮৪. স্থানচ্যুতি	৮৫. ভূতি	৮৬. গজ ধরা	৮৭. স্থানচ্যুতি	৮৮. ভূতি	৮৯. গজ ধরা	৯০. স্থানচ্যুতি	৯১. ভূতি	৯২. গজ ধরা	৯৩. স্থানচ্যুতি	৯৪. ভূতি	৯৫. গজ ধরা	৯৬. স্থানচ্যুতি	৯৭. ভূতি	৯৮. গজ ধরা	৯৯. স্থানচ্যুতি	১০০. ভূতি
-----------	------------	-----------	--------------------	------------------	----------------	---------	-----------	----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	----------	------------	-----------------	-----------

যেস্থানে গজ ধরা হয় তথা হইতে কয়লাস্তরের নিম্নাংশের উচ্চতাকে নিম্নান্তর (bottom canch) বলে। স্থূঁদের চাল হইতে কয়লাস্তরের উপরিভাগ পর্য্যন্ত দূরত্বকে উপরান্তর (top canch) বলে। উপরান্তর বলিয়া একটী ঘর রাখিবার আবশ্যিকতা নাই। কারণ স্থানের উচ্চতা হইতে দৃশ্যমান কয়লা এবং নিম্নান্তর বাদ দিলে উপরান্তর পাওয়া যাইবে। চালের কিস্তা তলির কয়লার স্থূলতা মন্তব্যের ঘর লিখিতে হইবে। একটী ক্ষুদ্র স্থানচ্যুতি দেখা যাইলে, যদি সেই স্থানে রাস্তা অত্যন্ত বন্ধুর না হয় তাহা হইলে, গজ ঠিক স্থানচ্যুতির স্থানে বসাইবার আবশ্যিকতা নাই। সচরাচর স্থানচ্যুতির সন্নিহিতে উহার উভয় পার্শ্বে গজ বসাইলেই যথেষ্ট হইবে, এবং মন্তব্যের ঘরে লিখিয়া রাখিতে হইবে, প্রত্যন্ত দূরে একটী উৎক্ষিপ্ত অথবা অধক্ষিপ্ত স্থানচ্যুতি আছে যাহার ক্ষেপ এত ফুট। ব্যস্তায় পাথর ফেলিয়া পাকা করা হউক বা না হউক

উহাকে অলঙ্কৃত রংএর (crimson lake) সৰু এবং ক্রমশঃ লুপ্ত রেখা (vanishing line) দ্বারা চিহ্নিত করিতে হইবে। রাস্তার পৃষ্ঠ একটা কাল রেখা দ্বারা চিহ্নিত, এবং দৃশ্যমান কয়লায় যেরূপ ক্রমবর্ণন করিতে হইবে। তলির কয়লা কিম্বা স্তরের কতকাংশ যদি রাস্তার উপরে নিষ্কিপ্ত প্রস্তর দ্বারা আবৃত হয়, তবে বিন্দুচিহ্নিত (dotted) রেখায় সাহায্যে উহা দেখান হইয়া থাকে। উদ্ধাঃ মান ক্ষিতিজ মান অপেক্ষা বর্দ্ধিত হয় বলিয়া স্থানচ্যুতি যতদূর সম্ভব খাড়া টানিবে, কেবল উহার হেলনের (hade) দিকে ঈষৎ আনত থাকিবে।

খনির জলসমীকরণ পুস্তকের এক পৃষ্ঠা নিম্নে প্রদত্ত হইল। উহাতে বর্ণিত স্তরের দাওয়া অল্প। ৯৬ম চিত্রে সাঙ্কেতিক প্রণালীতে উহার ছেদ অঙ্কিত হইয়াছে।

স্তর।	পশ্চাদিকর্ষ।	মধ্যস্থান।	পূর্বদিকর্ষ।	উপান।	পূর্বন।	পাতি উচ্চতা।	দূরত্ব।	কিন্দার।	কিন্দার।	স্থানের উচ্চতা।	মন্তব্য।
...	১'১৬	...	...	...	...	৭৬.৫৫	০	০	২.৯৫	৪'২০	
১	১.৪৫	...	২'৯০	...	১'৭৪	৭৪.৮১	১৬৪	৫৫	৩.১০	৪.৮০	
২	...	২'৭৭	...	...	১'৪০	৭০.৩৮	১৮৩	১২০	৩.০০	৪.৯৫	
৩	১'২১	...	৩'৩০	...	০.৪২	৭২.৯৬	২৫৫	১৬০	৩.০০	৪'৬০	
৪	...	৩'৬৫	...	...	২'৪৪	৭০.৫২	৩৩২	২৫০	৩'১৫	৪'৬৫	৩৪৮ ফুটে একটা ২'৬' অধঃক্ষিপ্ত স্থানচ্যুতি।
৫	...	৩'৮০	...	...	০'১৫	৭০.৬৭	৩৬০	০	৩'০৫	৫'১০	
৬	১'৬৫	...	৪'২০	...	০'৪০	৬৯.৯৭	৫২৫	৮৫	২'৯৫	৪'৯৫	
৭	৩'৯০	...	৩'৩৫	...	১'৭০	৬৮.২৭	৬৪৩	০	৩'০০	৪'৭৫	৬৪৩ ফুটে রাস্তায় প্রস্তর আরম্ভ হইল।
৮	...	১'৭৫	...	২'১৫	...	৭০'৪২	৭৫১	০	০	৪'৮০	৭১০ ফুটে কয়লার উপরিভাগ আর দেখা যাইতেছে না।
৯	...	১'৪৫	...	০'৩০	...	৭০'৭২	৭৮৪	২'০০	৩'০০	৫'০০	৭৭৮ ফুটে একটা ৮ ফুট উৎক্ষিপ্ত স্থানচ্যুতি।
১০	২'৫৫	...	০'৩০	১'১৫	...	৭১'৮৭	৯১৬	০	৩'১৫	৪'৯৫	
১১	...	...	২'৯৫	...	০'৪০	৭১'৪৭	১১২৫	০	৩'১০	৫'০৫	

১১'৯২

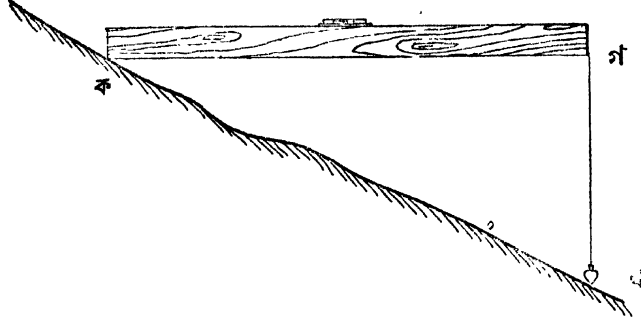
১৭'০০ ৩'৬০ ৮'৬৮ ৭৬'৫৫
 ১১'৯২ ৩'৬০ ৭১'৪৭
 ৫'০৮ ৫'০৮ ৫'০৮

একটি স্থল কয়লাস্তরে জলসমীকরণ পুস্তক লিখন প্রণালী নিম্নে দেখান হইল। ৯৭ম চিত্রটি উহার ছেদ।

ক্রেস্ট	পার্শ্বকর্ণন।	মধ্যকর্ণন।	পূর্বকর্ণন।	উত্থান।	পতন।	গণিত উচ্চতা।	দূরত্ব।	নিম্নাঙ্গুর।	স্থানীয় কয়লা।	স্তম্ভের উচ্চতা।	মন্তব্য।
০	১'২৫	...	...	...	...	৩৪'২৫	০	০	৮'১৫	৮'১৫	চালে কয়লা ২'৬"
১	০'৫৬	...	৪'৯০	...	৩'৬৫	৩০'৬০	৮'৫	০	৮'০০	২'০০	চালে কয়লা ২'
২	০'...	১'২৫	৪'২০	...	২'৪২	২৮'১১	১৩'৪	০'৫০	৮'৫০	২'০০	চালে কয়লা ২'৬"
৩	১'১০	...	৬'২০	...	২'২৫	২৫'১৬	২১'০	০	৮'২৫	৮'২৫	চালে কয়লা ২'
৪	০'৫৫	...	৫'৫৫	...	৪'৬৫	২০'৫১	১৩'৬	০	৮'১৫	২'১৫	চালে কয়লা ২'
৫	...	১'৫৫	...	...	১'২০	১৮'৩১	৪১'১	০	৮'৫৫	৮'৫৫	৬'৬" রাশুর প্রান্তর। চালে কয়লা নাই। ১২৫ ফুটে একটা ৫' ৬" উৎকৃষ্ট স্থানচাতি।
৬	...	১'২৫	...	...	৪'২০	১২'১১	৪৩'২	২'২৫	৫'৫৫	১'০০	চালে কয়লা ৩'৬"
৭	১'১৬	...	১'৫৫	...	১'৬০	১৫'৫১	৫১'৪	০	৮'৫৫	৮'৫৫	চালে কয়লা ২'৬"
৮	২'০৫	...	৫'৩০	...	৩'২৪	১৩'৫৭	৭২'০	০	৮'২৫	৮'২৫	চালে কয়লা ২'
৯	...	১'২৫	...	০'১০	...	১৩'৬৭	৭৩'০	০	৬'০০	৬'০০	৭২১ ফুটে কামা আরম্ভ, ৭৩৫ ফুটে ডাইক আরম্ভ।
১০	...	২'৮৬	...	...	০'২১	১২'৭৬	৭২০	০	৬'০০	৬'০০	৭৮৪ ফুটে ডাইক শেষ।
১১	২'৪৫	...	৩'৪৫	...	১'৫২	১২'১৭	৭২৫	০	৮'৭০	৮'৭০	৭২৪ ফুটে কামা শেষ।
১২	...	...	৫'২৫	...	৩'৫০	৮'৬৭	৭১	০	৮'৮৫	৮'৮৫	চালে কয়লা ২'৬"
											চালে কয়লা ২।
৯৫২			৩৫'১০	১'১০	২৫'৬৮	৩৮'২৫					
			৯৫২		০'১০	৮'৬৭					
			২৫'৫৮		২৫'৪৮	২৫'৪৮					

একটি দূরারোহ—অর্থাৎ যাহার ঢাল ৭ এ ১ অপেক্ষা অধিক—সিঁড়িখাদে জলসমীকরণ সম্পাদন করিতে হইলে ডাম্পি যন্ত্রে কাজ করা কঠিন। কারণ উত্থাকে শীঘ্র শীঘ্র স্থানান্তরিত করিতে হইবে। এস্থলে একটা তক্তা ও থামাল যন্ত্র (spirit level) অধিকতর উপযোগী। তক্তার প্রস্থ বরাবর সমান, এবং পৃষ্ঠগুলি সুন্দরভাবে সমতল (plane) করা। তক্তার দৈর্ঘ্যও জানা আবশ্যিক। স্তরের ঢাল অনুযায়ী তক্তার দৈর্ঘ্য ১০ ফুট হইতে ১৫ ফুট হইলেও চলিবে। তক্তা থামাল যন্ত্র সংযোগে ব্যবহার করিতে হইবে।

৯৮ম চিত্র দেখ। ক হইতে খ বিন্দু কত উচ্চে কিংবা নীচে আছে নির্ণয় করিতে হইলে তক্তার এক প্রান্ত ক বিন্দুতে আঁশে (on edge) রাখ। একটা থামাল



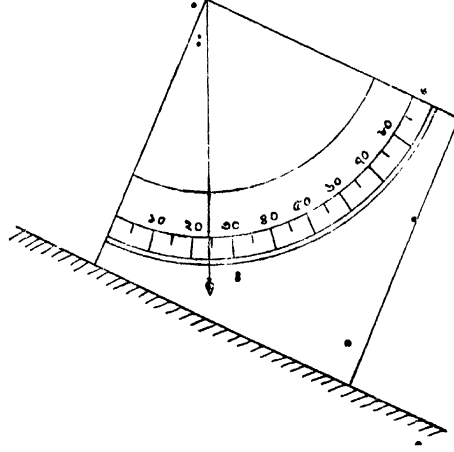
৯৮ চিত্র

যন্ত্র তক্তার মধ্যস্থলে স্থাপন কর। উহা দ্বারা তক্তা ক্ষিতিজতলে আনয়ন কর। গ বিন্দু হইতে ওলনবসির সাহায্যে ভূমিতে খ বিন্দুর স্থান নিরূপণ কর, এবং সঙ্গে সঙ্গে খগ সাবধান মাপ। সুতরাং একবারেই ক হইতে খ এর উচ্চাচতা এবং উহাদের মধ্যবর্তী ক্ষিতিজতলগত দূরত্ব (horizontal distance) পরিমিত হইবে। কারণ এই দূরত্ব তক্তার দৈর্ঘ্যের সমান। অতঃপর তক্তা ক হইতে খ এ স্থানান্তরিত করিয়া ক বিন্দুতে যেক্রমে কার্য্য করা হইয়াছিল খ বিন্দুতেও কার্য্য সেইভাবে করিতে হইবে।

পূর্বের বলা হইয়াছে, সমস্ত থিয়োডোলাইটের এবং কতকগুলি ডায়ালের দৃষ্টিরেখা ক্ষিতিজতলের সহিত কত উন্নত বা অবনত কোণে থাকে, তাহা এই যন্ত্রগুলিতে সহজে পাঠ করা যায়। একরূপ পাঠ কোন কোন স্থানে বিশেষ কাজে

লাগে (যেমন একটা ঢালের প্রবণতা সমস্ত স্থানে একরূপ হইলে তথায় সূক্ষ্ণভাবে জলসমীকরণ)। তদৃশ্য স্থানে ধাপে ধাপে শিকল দ্বারা মাপ কুরিবার আবশ্যকতা নাই। এই স্থানে ঢাল ধরিয়া মাপিয়া উহা হইতে ক্ষিতিজদূরত্ব গণনা করা যাইতে পারে। প্রবণতা মাপক যন্ত্র অনেক প্রকার। তন্মধ্যে একটা দেখিতে সূত্রধরের গজর নায়। গজ দুই ভাঁজ করা। একটা বাহুতে একটা থামাল যন্ত্র ও বাহুদ্বয়ের সংযোগস্থলে একটা বৃত্তপাদ থাকে। বৃত্তপাদ ডিগ্রিতে বিভক্ত। রাস্তার প্রবণতা নির্ণয় করিতে হইলে নিম্নের বাহু টব-গাড়ীর লৌহবন্ধে রাখিয়া উপরের বাহু আবশ্যকমত নামাইয়া বা উঠাইয়া ক্ষিতিজতলে আনিতে হইবে। এই তলে আসা থামাল যন্ত্র দ্বারা বুঝা যাইবে। এখন বৃত্তপাদে এই বাহুদ্বয় নির্দেশিত কোণ পাঠ করিলেই ঢালের প্রবণতা জানা যাইবে।

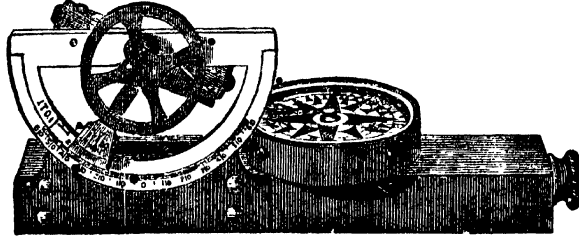
আর একটা প্রবণতা মাপক সহজাকৃতি যন্ত্র ৯৯ম চিত্রে প্রদর্শিত হইয়াছে।
উহা একটা সমচতুরশ্র তন্ত্র মাত্র। উহাতে ডিগ্রি ইত্যাদিতে বিভক্ত একটা



৯৯ চিত্র।

ধনুঃ এবং এক কোণ হইতে রসি দ্বারা গলন কলান আছে। তন্ত্রার নিম্ন পৃষ্ঠ
টব-গাড়াইব লোহবয়ে রাখিলে রসি ধনুর যে ডিগ্রিতে মিলিবে তাহাই
রাস্তার প্রবণতা।

এব্‌নির প্রবণতা মাপক যন্ত্রে (Abney's level) প্রবণতা ক্রান্ত ও সঠিক

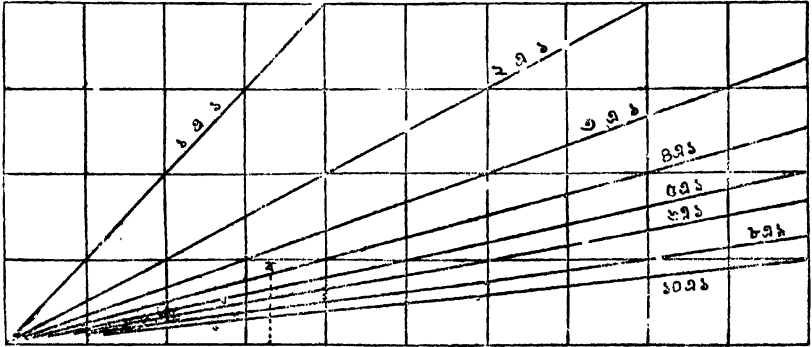


১০০ চিত্র। এব্‌নির প্রবণতা মাপক যন্ত্র।

নিরূপিত হয়। ১০০ম চিত্রে গ্রী যন্ত্র দেখান হইয়াছে। উহার দৃষ্টিরেখার সন্নিহিত
৪৫° কোণে একটা দর্পণ আছে। ডিগ্রি ইত্যাদিতে বিভক্ত বৃত্তপাদের
সহিত একটা বুদ্ধদৃশ্যকোণল সংযুক্ত থাকে। বুদ্ধদের ছায়া দর্পণে দেখা যায়।
যন্ত্রের চূঙ্গীর কেবল অন্ধক পধ্যন্ত দর্পণটা বিস্তৃত। বাকী অন্ধকের মধ্য দিয়া
দর্শক কোন দ্রব্যকে লক্ষ্য করেন। এবং সঙ্গে সঙ্গে বুদ্ধদৃষ্টি উহার নলের মধ্যস্থলে

আনয়ন করেন। এখন ভাণ্ডার পাঠ করিল দর্শকের দৃষ্টিরেখা কত অবনত জ্ঞাত হওয়া যাইবে।

প্রবণতার কোণানুসারে ক্ষতিজদ্রব্ধের তালিকা ৮ পৃষ্ঠায় দেওয়া হইয়াছে। ঢাল ধরিয়া মাপিয়া উঠা হইতে ছেদ অঙ্কতি করিয়া কিরূপে ক্ষতিজদ্রব্ধ নির্ণয় করিতে হয়, তাহা ১০১ম চিত্রে দেখান হইল। ছেদে প্রবণভূমি আঁকিবার কালে প্রবণতার পরিমাণ চক্ষে অনুমান করিতে ছাত্রেরা



১০১ চিত্র।

অভ্যাস করিবে। চিত্রে যে ঢালের প্রবণতা ৪ এ ১ তাহাতে ঢাল ধরিয়া ব বিন্দু পর্য্যন্ত ৩৪০ ফুট মানানুসারে মাপা হইয়াছে। উহার ক্ষতিজতলে তুল্যমান ৩৩০ ফুট।

গণনা দ্বারাও এরূপ তুল্যমান পাওয়া যায়। যথা :—

মনে কর, ক্ষতিজতলগত মাপ ৪ শ

তবে উদ্ধাধঃ মাপ শ।

অতএব

$$১৬ শ^২ + শ^২ = (৩৪০)^২ = ১১৫৬০০$$

$$\therefore শ^২ = ৬৮০০$$

$$\therefore শ = ৮২.৪৬$$

$$\therefore ৪ শ = ৩২৯.৮ ফুট$$

কিন্তু প্রায় ৩৩০ ফুট।

দ্বিতীয় অধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১। জলসমীকরণ গজেব কৃতকাংশ অঙ্কিত কর। উহাকে ক্রমে পাঠ করিতে হয় বর্ণনা কর, এবং অঙ্কগুলি কেন এক্ষেপে লিখিত বুঝাইয়া দাও।

২। উপরিস্থ এবং নিম্নস্থ কামো ব্যবহৃত যাবতীয় গজের তুলনামূলক সমালোচনা কর।

৩। ভূপৃষ্ঠের 'বক্রতা' (curvature) এবং 'বক্রোভবন' (refraction) এই দুইটি শব্দ ব্যাখ্যা কর।

৪। জলসমীকরণ পুস্তকের নিম্নলিখিত পৃষ্ঠা সম্পূর্ণ কর। গণনাগুলি পরীক্ষা কর, এবং ক্ষতিজমান ১০০ ফুট = ১ ইঞ্চি ও উদ্ধাঃ মান ১০ ফুট = ১ ইঞ্চি লইয়া উহার ছেদ অঙ্কিত কর।

স্রোত	প্রাচ্যদিশ	মধ্যদিশ	পূর্বদিশ	উত্তান	পশ্চিম	গণিত- উচ্চতা	দূরত্ব
১	৬.৫৫					৭.৫০	০
২		৪.৩৩					৭৪
৩		৩.১২					১৬৩
৪	৩.২৫		০.৫০				২১৫
৫		২.২০					৩২৯
৬		৩.৭৫					৪৯৭
৭	৪.৯৩		২.৭০				৫২৬
৮		২.৬৫					৬৫৪
৯			১.৩৭				৮১৫

০ এবং ৮ম স্রোতের মধ্যবর্তী একটি সমপ্রবণতাবিশিষ্ট রাস্তার প্রবণতার পরিমাণ কত?

উত্তরঃ—৮.০ এ ১।

১। পূর্বে প্রশ্নে বাস্তব যদি ১০ ফুট চওড়া হয়, তবে উহা নির্মাণ করিতে কত ঘনকট মট্রিকা কাটিতে কিম্বা বাকর দ্বারা উড়াইতে হইবে?

উত্তরঃ—৮৫৯৮ ঘনকট।

২। একটি স্রোতের নতি ঠিক দক্ষিণে ৮ এ ১। নিম্নলিখিত দিকে চালিত রাস্তার প্রবণতা কত, (ক) এস্ ৪৫° ই, (খ) এস্ ৩০° ই, (গ) এস্ ৬০° ই?

উত্তরঃ—(ক) ১১.৩ এ ১। (খ) ৯.২৩ এ ১। (গ) ১৬ এ ১।

৭। নিম্নলিখিত জলসমকরণ কাষাটীর ক্ষতিজমান ১০০ ফুট=১ ইঞ্চি এবং উদ্ধার মান ১০ ফুট=১ ইঞ্চি অনুসারে ছেদ অঙ্কিত কর :-

ষ্টেসন।	গণিত উচ্চতা।	দূরত্ব।	নিম্নাশ্রয়।	দূরত্ব।	স্থানের উচ্চতা।	মন্তব্য।
০	২৯'৩৫	০	০	৪'২৫	৫'৭৫	
১	৩৮'২০	৫৬	৭৫	৪'১৫	৫'২০	
২	৩৬'১৮	১৯৩	১'০০	৪'১০	৫'১০	
৩	২২'৫৪	২৪৮	০	৪'১৫	৫'০০	২২৪ ফুটে একটা ২' ৬"
৪	৩১'৩৬	২৬৫	১'৫০	৪'১০	৬'০০	উৎকৃষ্ট স্থানচ্যুতি।
৫	২০'৬২	১২১	০	৪'১০	৫'১০	
৬	১৭'৫১	৪৫২	৭৫	৪'২০	৫'২৫	৪২২ ফুটে একটা ১ফুট ৮৩ডা অল.
৭	১৪'২৫	৫'৭৫	৭৫	৪'১৫	৫'১৫	পারিদন্ত প্রস্থের ৫'১৫, এল. ফাটাব উভয় পাশে ৩
৮	১২'০৬	৬২৯	০	৪'১০	৫'০০	ফুট বামা।
৯	১০'৬৭	৭৪০	০	৪'১০	৫'১৫	

৮। গণিত নম্বায় গণিত উচ্চতাগুলি লিখিয়া রাখিলে বস্তুমানে এবং ভবিষ্যতে কি উপকার হয় :

৯। গণিত অভ্যন্তরে একটা রাস্তা জলসমকরণ হইবে, এবং ছেদে ঢাল, তলি ও কয়লাস্তর সমস্তই দেখাইতে হইবে। এই কাণ্ডে কান কান যন্ত্র আবশ্যিক, এবং কিকপে কাণ্ডা আবস্ত করিলে বর্ণনা কব।

১০। সংক্ষিপ্ত জলসমকরণ কান স্থলে প্রয়োজন :-

অষ্টম অধ্যায় ।

বিবিধ সম্প্রদায় (various problems) ।

শিকল দ্বারা মাপের উপর অনেক বিষয় নির্ভর করে। মূল্যবান ভূমি (যথা একটি নগরে ইমারতের স্থান) জরিপ কালে শিকল দ্বারা পরিমাপে ভুল (errors in chaining)। কোণ মাপিতে ১০ সেকেন্ডের অধিক ভুল না হওয়া, এবং দূরত্ব পরিমাণে ১ ফুটের শততমাংশ পর্যন্ত ঠিক হওয়া উচিত। খনিজ জরিপে এত সূক্ষ্মতার প্রয়োজন নাই। সাধারণতঃ গ্রন্থানে ১৫০০ তে ১ ভুল চলিতে পারে, এবং সামান্য যত্নসহকারে কার্য করিলে ভুলের পরিমাণ ইহা অপেক্ষা অধিক হয় না। স্থান বিশেষে যদি ৫০০০ তে ১ পর্যন্ত সূক্ষ্ম কাজ আবশ্যক হয় তবে অত্যন্ত সতর্ক হইয়া মাপ লইতে হইবে। •

শিকল দ্বারা মাপে নিম্নলিখিত কারণে ভুল ঘটিতে পারে :— •

(১) শিকল যদি যথা মাপের না হয়। একটি ঠিক মাপের শিকলের সহিত সর্বদা পরীক্ষা করিয়া শিকল শোধন করিলে মাপে ভুল হইবে না। কেবল এই কার্যের জন্য খনির অফিসে একটি ঠিক মাপের ইস্পাতের ফিতা রাখা আবশ্যক। শিকলের পুরা দৈর্ঘ্যের সঙ্গে সঙ্গে প্রত্যেক দশম লিঙ্কও পরীক্ষা করা উচিত।

(২) শিকলে অযথা টান দেওয়া। ইস্পাত স্থিতিস্থাপক দ্রব্য। অতএব শিকলকে প্রসারিত করিবার সময় জোরে টানিলে উহা একটু বাড়িবে, এবং দৈনিক কার্যের শেষে উহার দৈর্ঘ্যের বৃদ্ধি বেশ বৃদ্ধি যাইবে। শিকল পরীক্ষা করিবার সময় উহাতে খুব অল্পট টান দেওয়া হয়; কিন্তু আমেরিকার যুক্তরাষ্ট্রে ১০ পাউণ্ড বল প্রয়োগ করা হয়। পরীক্ষাকালে শিকলে যে পরিমাণ টান দেওয়া হয়, মাপের সময়ও সেই পরিমাণ টান দেওয়া উচিত। উত্তোলন করিয়া মাপিবার সময় শিকল কিছু ঝুলিয়া পড়ে। সচরাচর একটি হালকা শিকলকে ১৫ পাউণ্ড বলে টানিলে যতটা বাড়িবে ততটা ঝুলিয়া যাওয়ার দরুণ যতটা কমিবে তাহার সমান। এইরূপে মাপিবার সময় কত বল প্রয়োগ আবশ্যক, শিকল পরীক্ষা করিবার কালে নির্ধারণ করিতে হইবে। কারণ আরও ১০ পাউণ্ড অধিক জোরে টানিলে ঝুলিয়া যাওয়ার জন্য প্রতিক্রিয়া হইয়াও শিকলের দৈর্ঘ্য প্রায় $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি অধিক বৃদ্ধি হইবে। সুতরাং মাপে ভুল হইবে।

(৩) অসাবধানে গুলন করা। সম্ভবতঃ অল্প কারণে অপেক্ষা এই জন্যই মাপে অধিক ভুল হয়। চড়াই এবং উৎরাইয়ে (up or down hill) শিকল দ্বারা মাপ করিবার সময় শিকলের প্রান্তদ্বয় একপ্রকারে ধরিতে হইবে, যেন উহা

ক্ষিতিকৃতলে থাকে। অতএব, এক প্রান্ত জমিতে এবং অণ্ড প্রান্ত 'শূন্য থাকিবে'। শূন্যস্থিত প্রান্ত হইতে রসি দ্বারা ওলন বুলাইয়া জমিতে কোন বিন্দু ঠিক এই প্রান্তের নাচে আছে নির্ণয় করিতে হইবে। কিন্তু প্রায়ই এই কার্যের জন্য একটা প্রস্তরটুকরা শূন্যে অবস্থিত প্রান্ত হইতে ফেলিয়া দেওয়া হয়। এ পদ্ধতি ভাল নহে। উহাতে সহজেই ৫০০ এ ১ ভুল হয়। এমন কি সাবধানে ওলনরসি ব্যবহার করিলেও একেবারে নির্ভুল কাজ করা কঠিন। বোন কোন গালের প্রবণতা এত অধিক যে, প্রতি ধাপের দৈর্ঘ্য ৫০ ফুট এমন কি ২৫ ফুটের অধিক হওয়া উচিত নহে।

(৪) ঝাণ্ডি শ্রেণীবদ্ধ করিতে ভুল করা। এই হেতু ভুলের পরিমাণ অল্প হয়, এবং চক্ষুর সাহায্যে শিকল ঝাড়ু রাখিলেই যথেষ্ট হইবে, কিম্বা টব-গাড়ীর লৌহবন্ধ (tram line) দাগ রাখিলেও চলে। লৌহবন্ধ রেখা হইতে ১ ফুট অন্তরে থাকিলে মাপে ১ শিকলে কেবল ০০৫ ফুট ভুল হইবে।

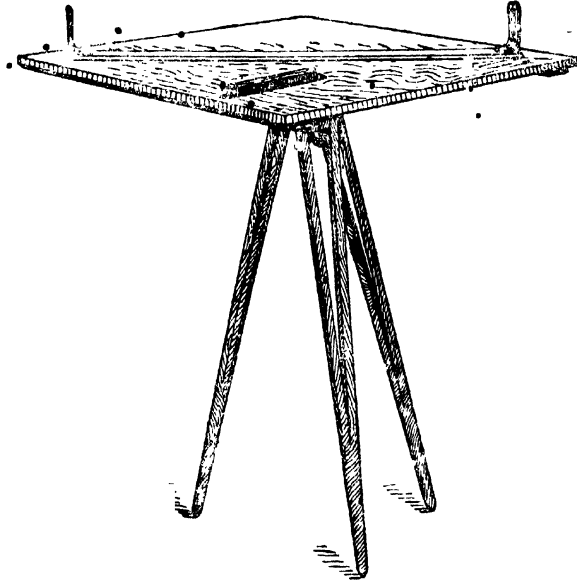
(৫) শীত ও তাপের হ্রাসবৃদ্ধি। তাপের হ্রাসবৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইম্পাত কমে ও বাড়ে। উষ্ণতার ১৬° (F) বৃদ্ধি হইলে ১০০ ফুট লম্বা শিকল ০.১ ফুট বৃদ্ধি হয়। অতএব কেবল সূক্ষ্ম কার্যে ইহার গণনা করিবে।

ক্ষেত্র জরিপ করিবার সময় সঙ্গে সঙ্গে উহার নক্সা করিতে হইলে সমতল টেবিল নামক যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। ক্ষেত্র-পুস্তকে জরিপ সমতল টেবিল (plane table)। কার্য লিখিয়া রাখিয়া পরে তাহা হইতে অফিসে নক্সা করার পদ্ধতি অপেক্ষা এই উপায় উত্তম। কারণ যথাস্থানে যন্ত্র রাখিয়া জরিপকারী একেবারে নিকটবর্তী সমস্ত দ্রব্যের বিস্তারিত নক্সা ক্ষেত্রেই করিতে পারেন। সুতরাং তাহাকে ক্ষেত্র-পুস্তকে দ্রব্যের সবিশেষ বর্ণনা লিখিতে কিম্বা উহাকে মোটামুটি অঙ্কিত করিতে হয় না, এবং অনেক বিষয় স্মরণ রাখিতেও হয় না।

১০২ম চিত্রে একটা সমতল টেবিল প্রদর্শিত হইল। উহা একটা নক্সা করিবার বোর্ড (drawing board) মাত্র। বোর্ডকে একটা স্বতন্ত্র তেপায়ার উপরে ঘুরান, এবং সূক্ষ্মভাবে জলসম করা যায়। বোর্ডের সহিত একটা দৃষ্টিকলকযুক্ত রেখাক্ষক (sight-fitted ruler) থাকে। উহাকে ঈরাঙ্গীতে অ্যালিডেড (alidade) বলে। দূরবর্তী দ্রব্য দেখিবার জন্য অ্যালিডেডে দূরবীক্ষণ সংযুক্ত হয়। বোর্ডের উপর নক্সা করিবার কাগজ পিন কিম্বা লেই (paste) দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়, এবং কাগজের উপর অ্যালিডেড বসাইয়া কোন দ্রব্যকে লক্ষ্য করতঃ, সেই দিকে রেখা টানা হয়।

রেখা সমূহের পরস্পর কর্তন দ্বারা (by intersection of lines) বিন্দুর স্থান নির্দিষ্ট হয়, এবং সমতল টেবিল যন্ত্রেও এইভাবে বিভিন্ন জিনিষের অবস্থিতি নক্সায় প্রদর্শিত হয়। যথা মনে কর, ক্ষেত্রের ক ও খ নামক দুই বিন্দুর স্থান

নক্সায় ক ও খ বলিয়া অঙ্কিত আছে। টেবিল প্রথমে ক বিন্দুতে এ প্রকারে বসাইতে হইবে, যেন নক্সার ক বিন্দু ক এর স্কিক উপরে এবং কখ রেখা কখ দিকে থাকে। এরূপ করিতে হইলে এ্যালিডেড কখ এ রাখিয়া উহা দ্বারা খ ক কর্তন করিতে হইবে। এখন এ্যালিডেডের ঋজু ধার ক এ স্পর্শ করাইয়া ঐ স্থানে রাখ, এবং দৃষ্টিফলক দ্বারা গ কে কর্তন কর ও নক্সায় কগ রেখা টান। টেবিল ক হইতে খ এ স্থানান্তরিত করিয়া ঐ প্রণালীতে ক কে কর্তন করতঃ নক্সায় খগ রেখা টান। উহা ক্ষেত্রের খগ রেখা। কগ এবং খগ গ বিন্দুতে মিলিয়াছে; উহাই ক্ষেত্রের গ বিন্দু। এই উপায়ে দুইটা জানা, অর্থাৎ নক্সায় অঙ্কিত বিন্দু হইতে বহু বিন্দুর স্থান নক্সায় পাওয়া যাইবে। উহাতে শিকলের আবশ্যক হয় না।

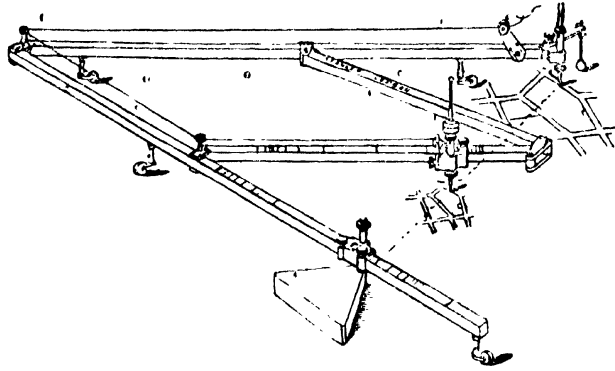


১০২ চিত্র—সমতল টেবিল।

উপায়ান্তরে একটা জানা বিন্দুতে টেবিল বসাইয়া এ্যালিডেড দ্বারা বহুদ্রব্য কর্তন করিয়া রেখা টানা যাইতে পারে, এবং শিকল দ্বারা টেবিল হইতে উহাদের দূরত্ব মাপিয়া উহাদিগকে নক্সায় অঙ্কিত করা যাইতে পারে। যদি এ্যালিডেডে

ষ্টাডিয়া-তার (stadia wire) যুক্ত দূরবীণ সংযুক্ত থাকে, তাহা হইলে ঐ দূরবীণগুলি মাপ না করিয়া অত্র উপায়ে শীঘ্র নিৰ্মিত হয়। ১২৭ পৃষ্ঠায় ঐ উপায় বর্ণিত হইয়াছে।

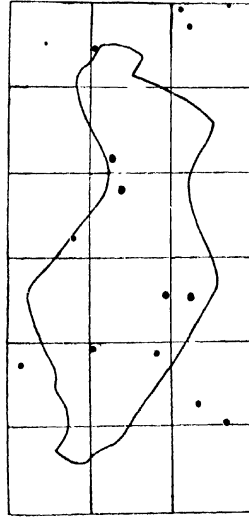
সময়ে সময়ে কয়লাখনির সম্পূর্ণ কিম্বা কতকগুলির নক্সার আয়তন বৃদ্ধি কিম্বা হ্রাস করার আবশ্যক হয়। আয়তন বৃদ্ধিত করা নক্সার আয়তন বৃদ্ধি এবং ন্যূনীকরণ (reducing and enlarging plans)। উচিত নহে, কারণ উহাতে ভুলের বৃদ্ধি হয়; অপর পক্ষে ন্যূনীকরণে ভুল কমিয়া যায়। এই কাৰ্য্য সৰ্বলিখন-যন্ত্র (pantagraph) দ্বারা করা যায়। ১০৩ম চিত্র দেখ। সরকারী অর্ডগ্যান্স্ জরিপে ঐ যন্ত্রের সর্বদা ব্যবহার হইয়া থাকে।



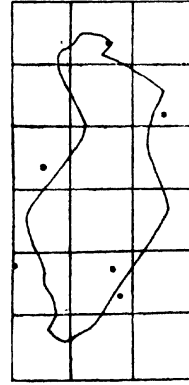
১০৩ চিত্র -- সৰ্বলিখন যন্ত্র।

কয়লাখনিতে নক্সার আয়তন বাড়ান কিম্বা কমানর খুব কম প্রয়োজন হয়। এবং ঐ কাৰ্য্য বর্গক্ষেত্র (square) দ্বারা করিলেই যথেষ্ট হইবে। যে নক্সার বৃদ্ধি কিম্বা ন্যূনীকরণ আবশ্যক, তাহাকে রেখার সাহায্যে কতকগুলি বর্গক্ষেত্রে ভাগ কর। কাৰ্য্যের সূক্ষ্মতানুসারে বর্গক্ষেত্রগুলি ক্ষুদ্র অথবা বৃহৎ হইবে। আর একটা কাগজে সমান মাপের বর্গক্ষেত্র অঙ্কিত করিবে, কিন্তু উহাদিগকে আবশ্যকমত কমবেশি মানানুসারে টানিতে হইবে। তৎপরে প্রত্যেক বর্গক্ষেত্র মধ্যস্থিত নক্সা ঐ নূতন নক্সায় অঙ্কিত করিবে। ঐরূপ করিলে একটা

বান্ধিত অথবা নানীকৃত নক্সা পাওয়া যাইবে। ১:০৪ম চিত্রে, ১ শিকল=১ ইঞ্চি মানানুসারে নক্সা ১:০৫ম চিত্রে ৪ শিকল=৩ ইঞ্চি মানানুসারে কমান হইয়াছে।



১:০৪ চিত্র।



১:০৫ চিত্র।

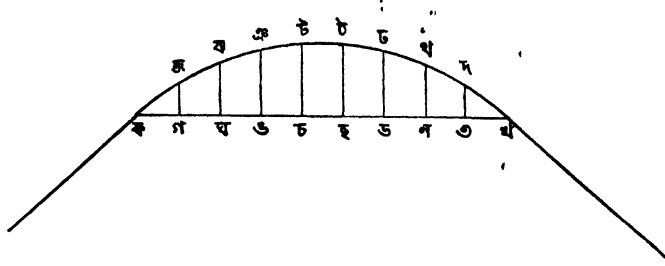
যে নক্সা বাড়ানিতে কিম্বা কমাইতে হইবে তাহার উপর পেনসিলে বর্গক্ষেত্র টানিলে উহা নষ্ট হইবার সম্ভাবনা। অতএব মোম কাপড়ে যথামাপের বর্গক্ষেত্র টানিয়া ঐ কাপড় নক্সায় পিন দ্বারা আঁটিয়া দিলে ভাল হয়। এই কার্যের জন্য আনুপাতিক কর্কট যন্ত্র (proportional divider) ব্যবহার করা যায়। উহাতে অল্প সময়ে অনেক কাজ হয়।

ভূপৃষ্ঠে যেখানে সমস্ত স্থানই খোলা, এবং যথায় কাষ্ঠের তৃপ কিম্বা সৃন্দ ও কাঁথি থাকার কোনও সম্ভাবনা নাই। বিশেষতঃ তাই যদি বাকের বাসার্কি বৃহৎ হয়, তবে ঐ স্থানে ১:০৬ম চিত্রে প্রদর্শিত উপায়ে বক্ররেখা পাত করা শ্রেয়ঃ।

বক্ররেখা পাতকরণ (setting out curve)

মনে কর, ক এবং খ দুইটা রেখার প্রান্ত। উহাদিগকে বৃত্তাকার বক্ররেখা দ্বারা সংযুক্ত করিতে হইবে। মানানুসারে উহাদিগের নক্সা কর। কথ ধনুঃ টান এবং কথ জ্যা যোগ কর। কথ কেন্দ্রকগুলি সমভাগে বিভক্ত কর, যথা কং, গঘ, ঘঙ ইত্যাদি। চিত্রে প্রদর্শিতমত কথ এর সহিত গজ, ঘঝ, ঙঞ ইত্যাদি লম্বরেখা টান। উহারা বক্ররেখায় জ, ঝ, ঞ ইত্যাদি বিন্দুতে মিলিবে। গজ, ঘঝ, ঙঞ ইত্যাদি লম্বদূরত্ব মাপ কর। ইহাদিগকে

জমিতে মাপিয়া ঐস্থানে সহজেই বক্ররেখা পাত করা যাইবে। আমরা দেখিতে পাই যে, বক্ররেখার আকৃতি বুকের ধড়ের মত হইবার আবশ্যকতা নাই, এবং প্রয়োজন হইলে মিশ্র বক্ররেখাও (composite curve) পাত করা যাইতে পারে।



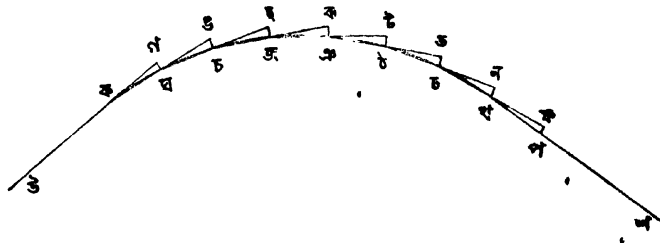
১০৬ চিত্র।

খণির ভিতরে সুদৃষ্ট অপ্রশস্ত বলিয়া ঐ স্থানে জ্যা পাত করা যায় না। অতএব হলেজ রাস্তায় বাঁক দিতে হইলে উপরোক্ত উপায় সম্ভবপর নহে। এস্থলে সুদের কেন্দ্ররেখা হইতে শাখাদূর মাপাই বিধেয়।

উক এবং শখ দুইটা রাস্তা সংযোগ করিয়া কখ বক্ররেখা মানানুসারে টান।

১০৭ম চিত্র দেখ। কখ ধন্যকে কঘ, ঘচ, চঙ ইত্যাদি সমান অংশে ভাগ কর। উক কে গ পর্যন্ত বর্দ্ধিত কর, যেন কগ কঘ এর সমান হয়।

গঘ যোগ কর।



১০৭ চিত্র।

কঘ কে ঙ পর্যন্ত বর্দ্ধিত কর যেন ঘঙ ঘচ এর সমান হয়।

ঙচ যোগ কর। এই প্রণালীতে জ্যাগুলি বর্দ্ধিত কারবে।

গঘ, ঙচ, ছজ ইত্যাদি রেখা সমূহ মাপ কর।

বক্ররেখা বুজানোর হইলে দেখা যায় যে, গঘ এবং পফ (প্রথম এবং শেষ) প্রত্যেকে শাখাদূর দুইয় ঙচ, ছজ, ঝঞ ইত্যাদি শাখাদূরগুলির প্রত্যেকটির অর্ধেক।

অফিসে এই কাজগুলি করিয়া নক্সা হইতে কগ, কঙ, ঘছ ইত্যাদি রেখা সমূহের দৈর্ঘ্য, এবং গঘ, ওচ, ছজ ইত্যাদি শাখাদ্বয়ের সকল মাপ করিলে খনির ভিতরে জমিতে ঐগুলি ক্রমশঃ বসমান অতি সহজ।

গঘ, ওচ ইত্যাদি শাখাদ্বয়গুলি নক্সা হইতে মাপ করা যায়, আবার গণনা করিয়াও নির্ণয় করা চলে। যথা, ইউক্লিডের সাহায্যে স্থূলতঃ আমরা দেখিতে পাই,

$$\text{কগ}^2 = \text{কঘ}^2 = \text{গঘ} \times ২ \text{ ব (এখানে ব বক্ররেখার ব্যাসার্ধ)}।$$

$$\text{অতএব গঘ} = \frac{\text{কঘ}^2}{২ \text{ ব}}$$

$$\text{আরও ওচ} = \frac{\text{ঘচ}^2}{\text{ব}} = \frac{\text{কঘ}^2}{\text{ব}}$$

$$\text{এইরূপে ওজ} = \frac{\text{কঘ}^2}{\text{ব}}; \text{ ইত্যাদি।}$$

$$\text{সুতরাং পক} = \frac{\text{কঘ}^2}{২ \text{ ব}}$$

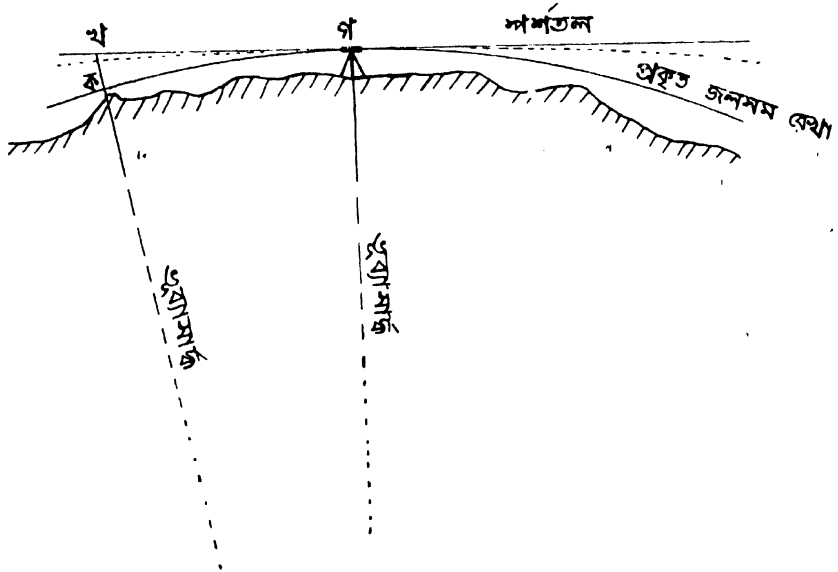
ডাম্পি যন্ত্রের দূরবীক্ষণ যুগাইলে যে ক্ষিতিজ তল অনুসরণ করে, তাহা বস্তুতঃ ভূপৃষ্ঠের স্পর্শতল। ইহা পূর্ব অধ্যায়ে বর্ণিত হইয়াছে। ভূপৃষ্ঠ প্রায় গোল। শাস্ত্র বিস্তৃত জলপৃষ্ঠও সমতল নহে। উহাও প্রায় গোল। এবং জলপৃষ্ঠস্থিত যে কোন বিন্দু ভূকেন্দ্র হইতে কার্যাতঃ সমদূরবর্তী। সরকারী অর্ডন্যান্স জরিপ সঙ্গ্রহ বৃত্ত জরিপে পৃথিবীর উপরিভাগের গোলকভাসের জন্য জরিপ সংশোধিত হয়; কিন্তু কোন কোম্পানি (prospecting company) যদি একটি বিস্তৃত জমি খনির জন্য জরিপ করিতে চাহেন, তবে ভূপৃষ্ঠ গোলাকৃতি ধরিলে কার্যে বিশেষ কোন ভুল হইবে না। কোন স্থান হইতে থিয়োডোলাইট যোগে ৫ মাইল দূরে একটি পর্বতশৃঙ্গ কর্তন করিলে যন্ত্রে পঠিত উন্নতাংশ (angle of elevation) ঐ স্থানের স্পর্শতল হইতে শৃঙ্গের উচ্চতা সূচনা করিবে। এই উন্নতাংশের সাহায্যে ভূপৃষ্ঠ হইতে শৃঙ্গের উচ্চতা নির্ণয় করিতে হইলে কিছু সংশোধন আবশ্যক। দূরত্বের বৃদ্ধির সহিত শোধনের পরিমাণ অধিকতর বদ্ধিত হইবে। সংশোধনের পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে ইউক্লিডের একটি প্রসিদ্ধ সম্পাদ্যের সাহায্য লইতে হইবে।

ভূপৃষ্ঠের বক্রতা এবং রশ্মিব
বক্রীভবন (curvature
and refraction)।

মনে কর, ১০৮ম চিত্রে গ'খ জলসমীকরণ যন্ত্রানুসৃত স্পর্শতল, এবং গক প্রকৃত জলসমপৃষ্ঠ (level surface)।

চিত্র হইতে ইহা স্পষ্ট যে, খ বিন্দুর প্রকৃত উচ্চতা কখ ; কিন্তু খ বিন্দুতে স্থাপিত গজে পঠিত অঙ্ক নিশ্চয়ই শূন্য হইবে, কারণ খ ও গ বিন্দুদ্বয় একই ক্ষিতিজতলে আছে। সুতরাং ঐ স্থানে কোন বিন্দুর প্রকৃত উচ্চতা নির্ণয় করিতে হইলে জলসমীকরণ যন্ত্রযোগে প্রাপ্ত ঐ বিন্দুর উচ্চতায় কখ পরিমাণ যোগ করিতে হইবে।

অতএব ভূপৃষ্ঠের গোলাকৃতির জ্ঞান সংশোধনের পরিমাণ, এই কখ দ্বারা সূচিত হইতেছে।



১০৮ চিত্র।

মনে কর, ব পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

অতএব ইউক্লিড অনুসারে

$$গখ^2 = খক \times ১ব$$

$$\therefore খক = \frac{গখ^2}{১ব}$$

(এখানে গখ কর্মাতঃ গক এর সমান ; কারণ উভারা কয়েক মাইল দীর্ঘ)।

এই প্রণালীতে ভূপৃষ্ঠের গোলাকৃতির জ্ঞান কত ভুল সংশোধন করিতে হইবে পাওয়া যায়। ইহা ছাড়া বায়ুমণ্ডলের (atmosphere) ঘনত্বের বিভিন্নতার জ্ঞান রশ্মির গতি বক্র হয়। সেই হেতু আরও কিছু ভুল হয়। এই ভুল পৃথিবীর গোলাকৃতির জ্ঞান ভুলকে কমাইয়া দেয়। ইহা ১০৮ম চিত্রে গ এর মধ্য দিয়া বিন্দুচিহ্নিত রেখা দ্বারা দেখান হইয়াছে। অতএব যত্নকে ঘুরাইলে উহাব দৃষ্টিরেখা একটা সমতল অনুসরণ না করিয়া বক্রপৃষ্ঠ অনুসরণ করে। ঐ বক্রপৃষ্ঠের গভীরংশ (concave surface) ভূকেন্দ্রের দিকে থাকে। রশ্মির বক্রীভবন বায়ুমণ্ডলের অবস্থার উপর নির্ভর করে। এবং ইহার জ্ঞান ভুল পৃথিবীর গোলাকৃতির জ্ঞান ভুলের ০.১ হইতে ০.৫ অংশ; এবং প্রথামুক্ত ভুল শেবোক্ত ভুলের মোটামুটি ০.১৫ অংশ লওয়া যাঠিতে পারে।

পৃথিবীর মধ্যম ব্যাসাদ্ধ সচরাচর ৭৯১৬ মাইল অথবা ৪১,৭৯৬,৪৮০ ফুট ধরা হয়।

উদাহরণ। একটা জবিপকারী পার্শ্বত্যা প্রদেশে সমুদ্র জলপৃষ্ঠ হইতে ১৪০০ ফুট উচ্চে কোন স্থানে থিয়োডোলাইট বসাইয়াছেন। তিনি পর্বতশৃঙ্গে একটা পতাকার উপরিভাগ লক্ষ্য করিলেন, এবং উচ্চা ৬' ২০" উচ্চে আছে মাপ করিলেন। তিনি নক্ষা হইতে পতাকার দূরত্ব ৩'- মাইল পাইলেন।

পতাকা সমুদ্রপৃষ্ঠ হইতে কত উচ্চে আছে?

থিয়োডোলাইটের স্পর্শতল হইতে পতাকার মস্তকেব উচ্চতা এই সমীকরণ (equation) হইতে পাওয়া যাঠবে,

$$\begin{aligned} \text{উচ্চতা} &= \frac{1}{2} \times \text{টেন } ৬' ১০' \text{ মাইল} \\ &= ১৮৪৮০ \times \frac{1}{2} \text{ ফুট} \\ &= ৯২৪০ \text{ ফুট।} \end{aligned}$$

ভূপৃষ্ঠের বক্রতার (খ) জন্য সংশোধন,

$$\begin{aligned} \text{খ} &= \frac{(১৮৪৮০)}{১৬} \\ &= ১১৫৫ \text{ ফুট।} \end{aligned}$$

রশ্মির বক্রীভবনের (ঘ) জন্য সংশোধন,

$$\begin{aligned} \text{ঘ} &= ১৫ \times ৪' ১ \\ &= ৬ ফুট। \end{aligned}$$

অতএব উপরোক্ত উভয় কারণের জন্য সংশোধন,

$$৯১ - ৬ \text{ ফুট } =$$

$$\text{অথবা } ৩' ৫ \text{ ফুট } =$$

সুতরাং থিয়োডোলাইট হইতে পতাকার প্রকৃত উচ্চতা ৯১৫৪' ৫ ফুট, এবং সমুদ্রপৃষ্ঠ হইতে ৩৫৫৫' ৫ ফুট।

জরিপকারী যতই সাবধানে বাধ্য করুন না কেন, মধ্যে মধ্যে নিশ্চয়ই তাঁহার কাজে ভুল হইবে। জরিপকার্যে যে সমস্ত ভুল সমূহ ও তাহাদের ফলাফল (errors and their effects) সাধারণ ভুল হয় তাহা বর্ণিত হইতেছে। অনভিজ্ঞ জরিপকারীরা প্রায় ডিগ্রি পাঠ করিতে ভুল করেন ; কারণ তাঁহারা মিনিট ও সেকেন্ড পড়িতে অত্যধিক যত্ন নেন। অগ্ন্যম্নস্কতা বশতঃ ক্ষেত্র-পুস্তকে ভুল অঙ্কও লিখিত হইতে পারে। সুন্দর চালাইতে উহার কেন্দ্ররেখার দাগ দিবার নিমিত্ত যন্ত্রে ভুল কোণ বাঁধা হইতে পারে। অনেক সময়ে দৈনিক কার্যের জগ্ন অফিস হইতে যন্ত্র লইবার কালে দৈবাৎ ভুল মাপের শিকল লইয়া যাইয়া কার্য করা হয়, এবং দিনের শেষে এই ভুল ধরা পড়ে। কোন এক স্থানের ঐচ্ছত্রা নির্ণয় করিবার জন্য জলসমীকরণ গজ একটা যষ্টির উপর ধরা, এবং যষ্টির উচ্চতা গণনা না করা হইতে পারে। অবশ্য এ সমস্ত কারণে ভুল খুব কমই হয়, কিন্তু কখন কখন হওয়া সম্ভব। অধিকাংশ স্থলে ভুল ধরা পাড়িলেই দিনের কার্য পুনরায় করা উচিত ; কিন্তু কোন কোন বিভাগে (district) জরিপে ভুল হইয়াছে জানিতে পারা যাইলেও, তথায় ঐ ভুল অনেকটা সংশোধন করিয়া সাময়িকভাবে কার্য চালান যায়, ও পুনরায় জরিপের (re-survey) সময় সমস্ত ভুল সংশোধন করিয়া লওয়া হয়। উপরোক্ত কারণে ভুল সমূহ উদাহরণের সাহায্যে বুঝান যাইবে।

উদাহরণ। জনৈক জরিপকারী অফিসে ফিরিয়া আসিয়া দেখিলেন, তাঁহার শিকল যথামাপের শিকল অপেক্ষা ৯" অধিক লম্বা। ঐ দিন তিনি ক্ষেত্র-পুস্তকে ১৭৩.৫৬৯.৬৫ এবং ৩২.০' মাপ লিখিয়াছেন। তিনি ঐ মাপগুলি সংশোধন করিয়া কত লিখিবেন?

শিকলের দৈর্ঘ্য অধিক বলিয়া ক্ষেত্র-পুস্তকে প্রতি ১০০ ফুটে তাঁহার ১০০ $\frac{১}{৪}$ ফুট লেখা উচিত ছিল।

অতএব প্রত্যেক মাপকে $\frac{১০০\frac{১}{৪}}{১০০}$ অর্থাৎ $\frac{৪০৩}{৪০০}$ দিয়া গুণ করিতে হইবে।

সুতরাং যথার্থ মাপ ১৭৪ $\frac{১}{৪}$, ৫৭৩ $\frac{১}{৪}$, ৬৫ $\frac{১}{৪}$ এবং ৩২.২।

উদাহরণ। এক জরিপকারী সূঁদমুখ হইতে ১২৫ ফুট অন্তরে যন্ত্র বসাইয়া মালকাটার কার্যের জন্য সূঁদমুখে কেন্দ্রের দাগ দিয়াছেন। অফিসে ফিরিয়া আসিয়া দেখিলেন যন্ত্রে ১৮৫° ১৫' এর পরিবর্তে তিনি ১৮৪° ১৫' বাঁধিয়া ছিলেন। কম্পাসটা দক্ষিণাবর্ত। মালকাটাকে কেন্দ্র কতদূরে সরাইতে আদেশ করা হইবে?

কোণের ভুল 1° , এবং যন্ত্র ১২৫ ফুট অন্তরে বসান হইয়াছে।

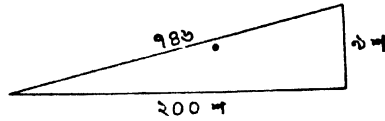
অতএব (সমত্রিভুজাকোণকে $৫৭\frac{1}{2}$ ধরা হইলে) কেন্দ্র স্থলতঃ

$$\begin{aligned} & \frac{1}{57\frac{1}{2}} \times 125 \text{ ফুট} \\ &= \frac{3 \times 125 \times 12}{192} \text{ ইঞ্চি} \\ &= 26.1 \text{ ইঞ্চি পার্শ্বে সরিয়া গিয়াছে।} \end{aligned}$$

অতএব তিনি মালকটাকে দাগটি $১' ১''$ ডানদিকে সরাইতে আদেশ করিলে সূঁদ যথাদিকে চালিত হইবে।

উদাহরণ। এক জরিপকারী ৮ এ ১ চালে শিকল দ্বারা ধাপে ধাপে মাপিতে-
ছেন। প্রতি ধাপ ৫০ ফুট। শিকলের একপ্রান্ত $৬\frac{1}{8}$ ফুট না উঠাইয়া তিনি
প্রতিবারে ৪ ফুট উঠাইয়া ৯৫৬ ফুট মাপ করিয়াছেন। মাপে কত ভুল হইয়াছে,
এবং প্রকৃত মাপ কত?

বস্তুতঃ এখানে জরিপকারী ক্ষতিজতলে না মাপিয়া ঢাল ধরিয়া
মাপিয়াছেন। এই ঢালের প্রবণতা ৫০ এ $১\frac{1}{8}$ । অতএব মাপ প্রকৃত দৈর্ঘ্য
অপেক্ষা অধিক হইয়াছে।



১০৯ চিত্র।

১০৯ম চিত্র হইতে আমরা দেখিতে পাই যে, প্রকৃত দৈর্ঘ্য যদি ২০০ শ হয়
তবে সমকোণী ত্রিভুজের লম্ব পরিমাণ ১ শ এবং কর্ণ ৭৪৬ হইবে। এই সমকোণী
ত্রিভুজ হইতে সমস্তের মাপাংশ হইবে।

$$\text{অতএব } ৭৪৬ = ৪০০০০ \text{ শ}^2 + ৮১ \text{ শ}^2$$

$$\therefore \text{শ}^2 = \frac{৫৫৬১১৬}{৪০০৮১}$$

$$= ১৩৮৮$$

$$\therefore \text{শ} = ৩৭২৫$$

$$\therefore ১০০ \text{ শ} = ৭৪৩$$

অতএব ৩ ফুট ভুল হইয়াছে, এবং ঘণ্টা মাপ ৭৪৩ ফুট

অষ্টম অধ্যায়ের প্রশ্নমালা ।

১। ছইটী সমকোণে অবস্থিত হলেজ রাস্তার কেন্দ্রেথাকে ৪৫ ফুট ব্যাসার্ধের বক্র রেখা দ্বারা সংযোগ করিতে হইবে। প্রায় ১০' ফুট অন্তরে শাখাদূর হইবে। প্রথম, শেষ এবং মধ্যবর্তী শাখাদূরগুলি এবং উহাদের ব্যবধান নির্ণয় কর।

উত্তরঃ— শাখাদূর সকল ১০ ফুট ১ ইঞ্চি অন্তরে হইবে।

প্রথম এবং শেষ শাখাদূর ১ ফুট $1\frac{1}{2}$ ইঞ্চি।

মধ্যের শাখাদূর ২ ফুট ৩ ইঞ্চি।

২। এক জরিপকারীর থিয়োডোলাইট সমুদ্রতলপৃষ্ঠের এক তলে আছে। তিনি ১০ মাইল দূরে একটি পর্বতশৃঙ্গের উন্নতাংশ ৪' ৪০' মাপিলেন। যদি ভূপৃষ্ঠের বক্রতা গণনা করা হয় এবং রশ্মির বক্রীভবন উহার ১২' ধরা হয়, তবে শৃঙ্গ কত উচ্চ হইবে?

উত্তরঃ— ৪০৮৬ ফুট।

৩। খনির ভিতরে কোন জরিপকারী ৫° ঢালে ধাপে ধাপে শিকল দ্বারা মাপ করিতেছেন। প্রতি ধাপ ১০০ ফুট। প্রত্যেক ধাপে শিকল প্রায় ৫ ফুট উত্তোলিত হইতেছে। তিনি ৯১০ ফুট মাপিয়াছেন। প্রকৃত দূরত্ব কত?

উত্তরঃ— ৯০৯ ফুট।

৪। একজন জরিপকারী স্বদের কেন্দ্রেথার দাগ দিতে যন্ত্রে এন $৩০^{\circ} 15'$ ই এর পরিবর্তে এন $৩০^{\circ} 10'$ ই বাঁধিয়াছেন। কেন্দ্রেথার ৮৭ ফুট লম্বা। কেন্দ্রচিহ্ন কত পাশে সরিয়া গিয়াছে?

উত্তরঃ— ৪ $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি।

৫। কেবল শিকল দ্বারা জরিপ করিয়া একটি ক্ষেত্রের কালি ৩৪০ বিঘা পাওয়া গিয়াছে। পরে দেখা হইয়াছে যে, শিকল ১ ফুট বাড়িয়া গিয়াছে। জরিপের সময় শিকলের রুদ্ধ সমভাবে হইয়াছিল মানিয়া লইলে ক্ষেত্রের যথার্থ কালি কত হইবে?

উত্তরঃ— ৩৪৬৮ বিঘা।

৬। খনির ভিতরে এক জরিপকারী নিম্নলিখিত জরিপ করিয়াছেনঃ—

ষ্টেশন।	বিয়্যাবিঃ।	দূরত্ব।
১	এন $১৯^{\circ} ৩০'$ ই	১৪১
২	এস্ $৪৩^{\circ} ১০'$ ই	৮৯
৩	এস্ $৪৯^{\circ} ৩০'$ ই	১২৬
৪	এস্ $৫২^{\circ} ৩০'$ ডব্লিউ	১৪২

* তিনি পরে জানিতে পারিলেন, দ্বিতীয় কোণটী বাস্তবিক এস্ $৪৩^{\circ} ১০'$ ই. এবং তাঁহার শিকল ৬ ইঞ্চি বর্ধিত হইয়াছে। পুস্তক সংশোধন করিয়া জরিপ নক্সা করিলে শেষ বিন্দু কত সরিয়া যাইবে।

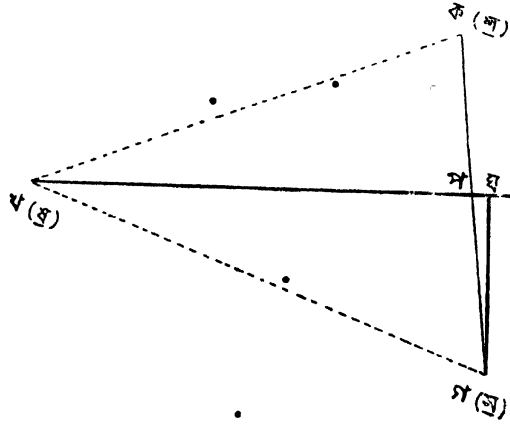
উত্তরঃ— বিন্দু $১' ৬\frac{3}{8}$ ডানদিকে এবং $২'$ অগ্রে সরাইতে হইবে।

নবম অধ্যায়।

আরও বিবিধ সম্পাদিত (various problems continued)।

তিনটি বোর-গর্ত (bore hole) হইতে যাহা কিছু জানা যায় তাহার সাহায্যে নতির দিক ও পরিমাণ নির্ণয় করণ।

নতির দিক ও পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে অন্ততঃ তিনটি বোর-গর্তের আবশ্যক। গর্তগুলি যেন এক স্বজুরেখায় না হয়। উহাদিগকে যোগ করিলে একটী প্রায় সমবাহু ত্রিভুজ হওয়া আবশ্যক। উহারা কোন মতে যেন অত্যন্ত সূক্ষ্ম কিংবা স্থূল কোণ উৎপন্ন না করে। কেবল তিনটি মাত্র গর্ত দ্বারা নিভুল ফল পাওয়া যায় না, কারণ ঐ ত্রিভুজের মধ্যে একটী স্থানচ্যুতি থাকিতে

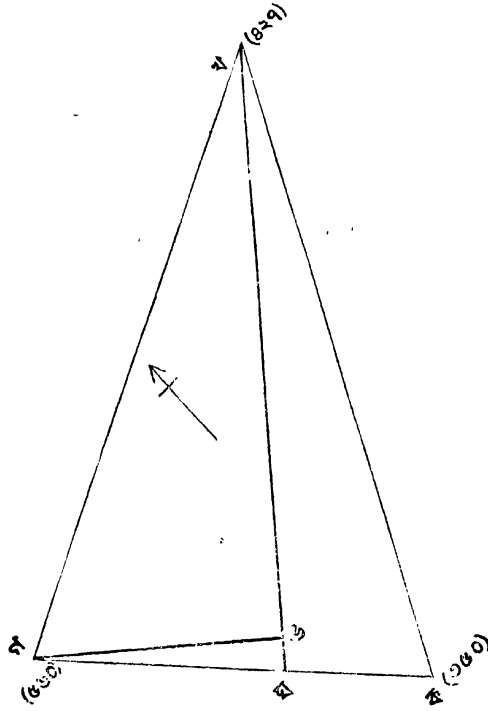


১১০ চিত্র।

গারে। অতএব তিনটি গর্ত দ্বারা নতির যে দিক ও পরিমাণ পাওয়া যায়, তাহাকে চতুর্থ গর্ত দ্বারা পরীক্ষা করা উচিত। চারিটি গর্তের মধ্যে কোন তিনটি দ্বারা যে নতি পাওয়া যায়, তাহা যদি অত্র তিনটি দ্বারা প্রাপ্ত নতির সঙ্গিত মিলে, তাহা হইলে ঐ স্থানে কোন স্থানচ্যুতি নাই, এবং নির্ণীত নতিও ঠিক হইয়াছে ধরা যাইতে পারে।

চিত্রে ক, খ, ও গ তিনটি বোর-গর্তের স্থান (১১০ম চিত্র দেখ)। একটী ডেট সমতল হইতে উহাদের গভীরতা যথাক্রমে শ, ঘ এবং স। ঐ স্থানে কোনও স্থানচ্যুতি নাই।

মনে কর, ক এর গভীরতা সর্বাপেক্ষা কম, এবং গ গভীরতম গর্ত।
 সুতরাং ক এবং গ এর মধ্য একটি প বিন্দু আছে, যাহার গভীরতা খ এর
 গভীরতার সহিত সমান।
 খপ স্তরের মিলন রেখা (strike line) নির্দেশ করিবে।



১১১ চিত্র, মনি ২০০ ফুট = ১ হাঁক।

প বিন্দু পাঠতে হইলে কগ রেখাকে এইরূপে দুই ভাগ কর, যেন

$$\frac{\text{কপ}}{\text{পগ}} = \frac{\text{ঘ-খ}}{\text{স-ঘ}} \text{ হয়।}$$

নতি খপ এর সমকোণে এবং গ দিকে হইবে।

উহার দিক চিত্র হইতে কোণ অঙ্কন যন্ত্রের সাহায্যে মাপা যাইবে।

নতির পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে খপ এর সহিত গঘ লম্বরেখা টান।

গঘ মাপ করি, উহাকে দ বলা যাইবে।

অতএব নতির পরিমাণ স-ঘ এ দ.

$$\text{অর্থাৎ } \frac{\text{দ}}{\text{স-ঘ}} \text{ এ } ১।$$

উদাহরণ। ক. খ. গ তিনটা বোর-গর্ত করা হইয়াছে। ভূপৃষ্ঠে উহার এক ক্ষিতিক্রতলে আছে। গর্তগুলি ভূপৃষ্ঠ হইতে ক্রমশঃ ৩৫০, ৪২৭ এবং ৫৬০ ফুটে একটা উত্তম কয়লাস্তরে পৌঁছিয়াছে। জরিপ হইতে জানা যায়, কখ এন্ ১৭° ইর্শদিকে আছে, এবং উহার দৈর্ঘ্য ৭৭০ ফুট; কগ এন্ ৪৩° ডব্লিউ দিকে আছে, এবং উহার দৈর্ঘ্য ৪২৭ ফুট। এই স্থানে যদি কোন স্থানচ্যুতি না থাকে, তবে স্তরের নতি কোন্ দিকে হইবে ও উহার পরিমাণ কত নির্ণয় কর।

১১১ম চিত্রে এই প্রশ্ন মীমাংসা করা হইয়াছে। উহাতে ক. খ. গ গর্তগুলি ২০০ ফুট = ১ ইঞ্চি মানানুসারে অঙ্কিত হইয়াছে।

ঘ বিন্দু দ্বারা কগ এক্ষেপে বিভক্ত যে,

$$\frac{\text{কঘ}}{\text{ঘগ}} = \frac{৪২৭ - ৩৫০}{৫৬০ - ৪২৭} = \frac{১১}{১৯} \text{ ফুট।}$$

অতএব কঘ = ১৮২ ফুট।

ঘগ = ৩১৫ ফুট।

মিলন রেখা খঘ এন্ ৪১° ই দিকে,

অতএব নতির (ঙগ) দিক এন্ ৪৯° ডব্লিউ,

এবং নতির পরিমাণ মানানুসারে মাপিয়া

২০৮ এ ১৩৩

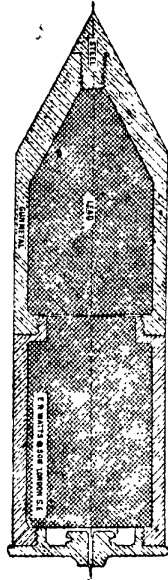
অথবা ১°১ এ ১ পাওয়া গিয়াছে।

কয়লাখনির উপরিস্থ এবং নিম্নস্থ জরিপের সঙ্ক স্থাপন (survey connection) করিবার পদ্ধতি সমূহ :—

কয়লাখনির উপরিস্থ এবং নিম্নস্থ নজার সঙ্ক স্থাপন করিতে (অর্থাৎ নিম্নস্থ কার্য্য সমূহের স্থিতিসম্পর্কে উপরিস্থ গৃহ, নালা এবং সীমারেখা সকল নজায় যথাযথ অঙ্কিত করিতে) সাক্ষীশয় যত্ন লওয়া উচিত। এ বিষয়ে অসাধন কিস্থা অমনোযোগী হইলে ভয়াবহ দুর্ঘটনা হইতে পারে। কিছু পার্শ্ববর্তী অঙ্গের সম্পত্তিতে ভুলক্রমে স্ফীদ ইত্যাদি চালান হইলে মোকদ্দমার নিমিত্ত আর্থিক ক্ষতি হইতে পারে।

এক কিস্থা একাধিক চানকে একটি কিস্থা দুইটি ওলন বুলাইয়া প্রায়ই উপরিস্থ এবং নিম্নস্থ জরিপের সম্বন্ধ স্থাপন করা হয়।
ওলন বুলাই (sus-
pending the plumb)।

গভীর চানকে) সূক্ষ্ম ফল পাওয়া যায় না। এই পদ্ধতিতে একটি ২০ হইতে ৫০ পাউণ্ড ভারী ওলন (১১২ম চিত্র) ব্যবহার করা হয়। ওলনকে তারের সাহায্যে বুলাইয়া রাখা হয়। তার যথাসম্ভব সূক্ষ্ম হইবে, অথচ ভাঁড়িয়া না যায়। ওলনকে ঘন (thick) তৈলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখা হয়, সুতরাং উহা সহজে ঢুলিতে পারিবে না। ঘূর্ণন নিবারণার্থ উহাতে পাখা (wings) বাঁধিয়া দেওয়া হয়। চানকে বায়ুচলাচল বশতঃ তার কম্পিত হইবে। তন্নিবা-



১১২ চিত্র—জরিপের সম্বন্ধ

স্থাপনোপযোগী ওলন।

হইলে শেষোক্ত নক্সায় চৌম্বক মধ্যরেখা থাকা আবশ্যক, অথবা প্রথমোক্ত নক্সা প্রকৃত মধ্যরেখা হইতে করা থাকিলেও চলিবে। একটা চানকই যথেষ্ট।

খনিতে যদি জল নিঃসরণ রক্ত (adit) কিস্থা সিঁড়িখাদ থাকে, তবে উহার মধ্য দিয়া উপরিস্থ ট্রাভার্স জরিপ খনির ভিতরে প্রসারিত হয়, অর্থাৎ ভূপৃষ্ঠে জরিপ করিতে করিতে খনির ভিতরে প্রবেশ করা হয়। সুতরাং উপরিস্থ এবং নিম্নস্থ জরিপ কার্য্যে এক হইয়া যায়। খনিতে যদি একটি চানক থাকে, তবে পক্ষ রক্ত কিস্থা

রণার্থ চানকের মুখ তক্তা দ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। এত সতর্কতা সত্ত্বেও গভীর চানকে তারকে স্থির রাখা প্রায় অসম্ভব। সমকোণে অবস্থিত দুইটি মান-যন্ত্রের সাহায্যে ওলনের ঠিক উপরিভাগে উভয় দিকে তারের দোলন লক্ষ্য করিয়া, উহার মধ্যম স্থান নির্ণয় করা হয়। এক্ষণে ভূপৃষ্ঠে একটি নির্দিষ্ট রেখাঙ্কিত একটি নির্দিষ্ট বিন্দুকে চানকের তলদেশে অনেকটা সূক্ষ্মভাবে ওলন করা যায়।

যদি খনির ভিতরে চুম্বকশলাকা দ্বারা জরিপ করা হইয়া থাকে, তাহা হইলে চুম্বকশলাকা জরিপের সম্বন্ধ স্থাপন (magnetic survey connections)।

একটি সাধারণ বিন্দু ঠিক করিতে পারিলেই উভয় জরিপের সম্বন্ধ স্থাপন করা যায়। ইহা উপরোক্ত প্রণালীতে ওলনের সাহায্যে করা যাঠিতে পারে। নিম্নস্থ ভূমির নক্সায় যাহা কিছু অঙ্কিত আছে তাহা উপরিস্থ ভূমির নক্সায় অঙ্কিত করিতে হইলে অঙ্কন কার্য্য এই সাধারণ বিন্দু হইতে আরম্ভ করিতে হইবে। এইরূপ করিতে

হইলে শেষোক্ত নক্সায় চৌম্বক মধ্যরেখা থাকা আবশ্যক, অথবা প্রথমোক্ত নক্সা প্রকৃত মধ্যরেখা হইতে করা থাকিলেও চলিবে। একটা চানকই যথেষ্ট।

খনিতে যদি জল নিঃসরণ রক্ত (adit) কিস্থা সিঁড়িখাদ থাকে, তবে উহার মধ্য দিয়া উপরিস্থ ট্রাভার্স জরিপ খনির ভিতরে প্রসারিত হয়, অর্থাৎ ভূপৃষ্ঠে জরিপ করিতে করিতে খনির ভিতরে প্রবেশ করা হয়। সুতরাং উপরিস্থ এবং নিম্নস্থ জরিপ কার্য্যে এক হইয়া যায়। খনিতে যদি একটি চানক থাকে, তবে পক্ষ রক্ত কিস্থা

উহাতে ওলন ঝুলাইয়া উপরের এবং ভিতরের জরিপ নিতুল হইয়াছে কি না পরীক্ষা করা হয়। এরূপ পরীক্ষা বিশেষ প্রয়োজনীয়।

একটা চানকে দুইটা তার ঝুলাইয়া পাতিত ভূমিরেখা হইতে জরিপ করিলে

একটা চানকে দুইটা তার ঝুলান (two wires in one shaft)।

কার্য সূক্ষ্ম হয় না। কারণ এই দুইটা তার হইতে প্রাপ্ত ভূমিরেখা অত্যন্ত ক্ষুদ্র এবং তার দুইটা স্থিরিতে ও ছলিতে থাকে বলিয়া এই রেখার প্রকৃত দিক নির্ণয় করা কঠিন হইয়া পড়ে। যদি উপায়ান্তর না থাকে তবে

এক চানকের ভিতরে উহাদিগকে যত দূরে সম্ভব রাখিবে এবং উহাদের দ্বারা যে রেখা হইবে তাহা বন্ধিত করিলে যেন একটা সূঁদের মধ্য দিয়া গমন করে। তাঁর দুইটা চানকের গায়ে কিম্বা উহার পার্শ্ব কাষ্ঠে লাগিয়া না থাকে। তৎপক্ষে পূর্ব পদ্ধতি মত তারদ্বয়ের প্রত্যেকের মধ্য স্থান নির্ণয় করিয়া এক একটা দাগ দিবে। পরে চানক হইতে অল্পদূরে সূঁদের মধ্যে তাঁর দুইটা দ্বারা নির্দিষ্ট রেখায় থিয়োডোলাইট বসাইতে চেষ্টা করিবে। যন্ত্র বসাইয়া উহা রেখায় আছে কি না দেখিবে। যদি না থাকে তবে উহাকে কিছু সরাইয়া পুনরায় পরীক্ষা করিবে। যখন যন্ত্র প্রায় এই রেখায় আসিবে, তখন সূক্ষ্মভাবে উহাতে আনিবার নিমিত্ত যন্ত্রের নীচে যে প্লেট পিছলাইয়া ঘূঁরে (sliding base plate) তাহার সাহায্য লইবে। এখন যে স্থানে থিয়োডোলাইট বসান হইয়াছে সেই স্থান হইতে জরিপ কাঁধা আরম্ভ করিতে হইবে।

কোন এক চানক হইতে অথবা এক চানক পধ্যস্ত একটা ঝড় রুদ্ধ (straight drift) থাকিলে, চানকদ্বয়ে ওলন ঝুলাইয়া

যখন দুইটা চানকের প্রত্যেকটাকে একটা করিয়া তার ঝুলান হয় এবং একটা তার অন্যটা হইতে দেখা যায় (wires in two shafts visible from each other)।

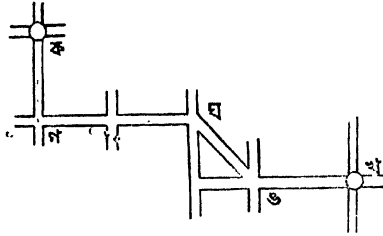
একটা দীর্ঘ ভূমিরেখা পাওয়া যায়। এই ভূমিরেখা হইতে জরিপকাঁধা পূর্বোক্ত ভূমিরেখা হইতে কাঁধা (অর্থাৎ একটা চানকে দুইটা ওলন ঝুলাইয়া প্রাপ্ত ভূমিরেখা হইতে জরিপকাঁধা) অপেক্ষা সূক্ষ্মতর। ভূমিরেখা স্থির হইলে উহার পরবর্তী কাঁধা উভয় পদ্ধতিতে এক। থিয়োডোলাইট এই ভূমিরেখায় একটা

সুবিধামত স্থান বসাইতে হইবে। উহা যদি ভূমিরেখায় থাকে, অথচ একটা কোণ মাপা যায়, তাহা হইলে ভাল হয়। যন্ত্রকে ইতস্ততঃ সরাইয়া দুই চারিবার চেষ্টার পর তারদ্বয় নির্দেশিত রেখায় বসাইবে, এবং রেখাকে বন্ধিত করিয়া কিম্বা কোণ মাপিয়া জরিপকাঁধা আরম্ভ করিবে।

যখন দুইটা চানকের প্রত্যেকটাকে একটা করিয়া তার ঝুলান হয়, কিন্তু একটা তার অন্যটা হইতে দেখা যায় না (a wire in each of two shafts not visible from each other)।

কোন কোন স্থলে দুইটা চানক থাকে, কিন্তু একটা অন্যটা হইতে দেখা যায় না। এক্ষেত্রে ওলন ঝুলাইয়া একেবারে ভূমিরেখা ঠিক করা যায় না; কিন্তু নিম্নলিখিত উপায়ে কাঁধা হইতে একটা দীর্ঘ ভূমিরেখা পাওয়া যায়।

গঠন কর, ১১৩ম চিত্রে ক ও খ এরূপ দুইটি চানক। চানকদ্বয়ের উপরে



১১৩ চিত্র।

দুইটি নির্দিষ্ট বিন্দু হইতে তার ঝুলাইয়া তলদেশে দুইটি বিন্দু পূর্ব বর্ণিত উপায়ে পাওয়া গিয়াছে। ক ও ঘ হইতে দেখা যায় এবস্থিধ একটা গ বিন্দুতে থিয়োডোলাইট কিম্বা কম্পাস বসায়। মুক্ত অথবা বদ্ধশলাকা দ্বারা ক ও গ এবং ঘ ও খ রেখা

জরিপ কর। শেষোক্ত উপায়টি শ্রেষ্ঠতর। এইরূপে ঘ ও খ জরিপ কর।

সাধারণ উপায়ে জরিপ করিতে হইবে, কিন্তু কার্য সতর্ক হইয়া করিবে যেন ভুল না হয়। জরিপ খ এ শেষ করিবে। অতঃপর অর্কিসে যাইয়া নক্সা করিবার কাগজে জরিপ সম্বন্ধে অঙ্কিত করিবে। নক্সা মোম কাপড়ে ঝকল করিয়া উপরিস্থ ভূমির নক্সার উপরে স্থাপন করিবে। মোম কাপড় কৃষ্ণিত হইয়া না থাকে (without distortion), এবং উহার ক ও খ বিন্দু কাগজে অঙ্কিত নক্সার ক ও খ এর সহিত মিলাইতে চেষ্টা করিবে। যদি না পারা যায়, তবে নিশ্চয়ই উপরিস্থ কিম্বা নিম্নস্থ জরিপে ভুল হইয়াছে ধরিয়া লইতে হইবে। যদি ঠিক মিলিয়া যায়, তাহা হইলে কাগজে অঙ্কিত নক্সা উপরিস্থ ভূমির নক্সায় রাখিয়া উভয় নক্সার ক ও খ বিন্দু তীক্ষ্ণ সূচ দ্বারা অত্যন্ত সাবধানে মিলাইবে। উহাতে কোনরূপ ভুল না হয়। অতঃপর গ, ঘ এবং ঙ বিন্দুগুলি সূচ খাড়াভাবে ধরিয়া উহা দ্বারা বিদ্ধ করিবে। এ প্রকারে খনির ভিতরের নক্সা উপরের নক্সায় নকল করা যাইবে। ভিতরের নক্সা আরও বিস্তৃত করিতে হইলে (অর্থাৎ ভিতরের আরও দ্রব্য উপরিস্থ নক্সায় অঙ্কিত করিতে হইলে) বিদ্ধ করিয়া প্রাপ্ত বিন্দুগুলি হইতে কার্য আরম্ভ করিবে।

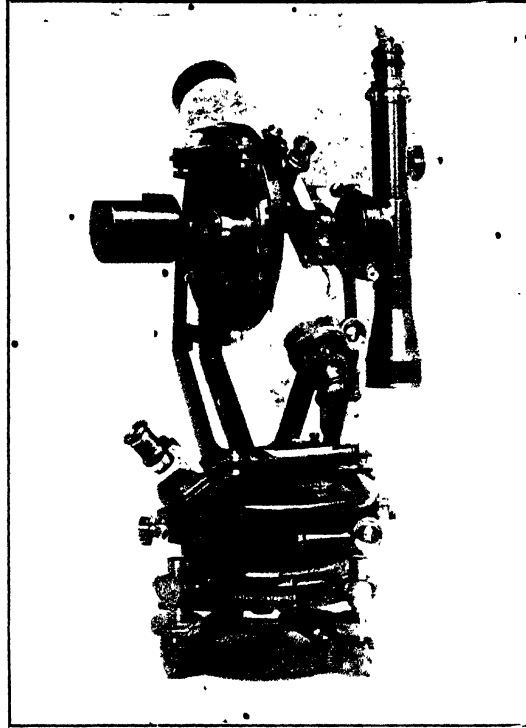
ভূপৃষ্ঠের একটা রেখা খনির ভিতরে সূঁদে পাত করিতে হইলে

যামোন্তরযন্ত্র (the transit instrument)।

যামোন্তরযন্ত্র ব্যবহৃত হয়। উহা একটা থিয়োডোলাইট বিশেষ। উহাতে কার্য অত্যন্ত সূক্ষ্ম হয়। যন্ত্র দ্বারা নিম্নদিকে অবলম্বনসূত্রে লক্ষ্য করা যায়।

উহার মূল্য অধিক। এবং সচরাচর কয়লাখনিতে ক্রয় করা হয় না। কারণ উহা কদাচিৎ আবশ্যক হয়, এবং প্রয়োজন হইলে ভাড়া করা হয়। অবলম্বনসূত্রে নিম্নদিকে লক্ষ্য করিবার নিমিত্ত কতকগুলি যন্ত্র উদ্ভাবিত হইয়াছে। উহাদের দূরবীক্ষণ (১১৪ম চিত্র) প্রধান আশ্রয়দ্বয়ের (main lights) বাহিরে থাকে। দূরবীক্ষণ একপার্শ্বে থাকে, বলিয়া যন্ত্রকে সমতুল্য করিবার নিমিত্ত অর্থাপার্শ্বে একটা সমভার চাপান হয়। সুতরাং যন্ত্র ঝাঁকিয়া যায় না। অতএব এক প্রকার যন্ত্রে

আশ্রয়স্থান চক্রবালীয় বৃত্তের অসমকেন্দ্রে ও অগ্রভাগে থাকে। ১১৫ম চিত্র দেখ।
সর্বাপেক্ষা উত্তম যন্ত্রের উদ্ধাধঃ অক্ষদণ্ড ফাঁপা (১১৬ম চিত্র)। অতএব দূরবীক্ষণ
চক্রবালীয় বৃত্তের সমকেন্দ্রে থাকে, এবং দূরবীক্ষণ দ্বারা আশ্রয়স্থানের মধ্য দিয়া

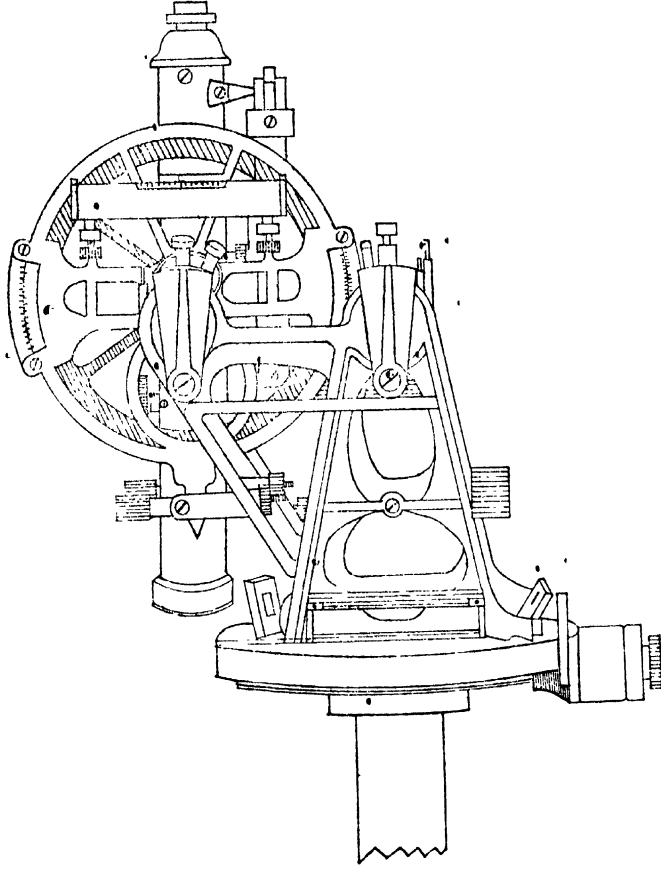


১১৪ চিত্র -- নামোওরয়ম ইহার এক পার্শ্বে একটি প্রতিবিম্ব দূরবীক্ষণ এবং অন্য পার্শ্বে একটি
সমতাল (counterpoise) থাকে।

লক্ষ্য করা যায়। কারণ চক্রবালীয় বৃত্তের মধ্যস্থলে একটি গোল ছিদ্র আছে,
এবং যন্ত্রের অক্ষদণ্ডও ফাঁপা। কতকগুলি থিয়োডোলাইটের নিশ্চয় কোশল
এরূপ, এবং তাদৃশ ৫" থিয়োডোলাইটে সুন্দর কার্য্য হয়।

জরিপকারীকে কার্য্য করিবার সময় নিম্নে লক্ষ্য করিবার অসুবিধা ভোগ
করিতে হয় না, কারণ যন্ত্রে প্রতিফলক (reflecting) কিম্বা কলময়ুক্ত
(prismatic) উপনৈকট্যও দেওয়া থাকে। চানকের মূর্ধে মজবুত কাষ্ঠ রাখিয়া
তাহার উপর যন্ত্র বসাইতে হইবে। ১১৭ চিত্র দেখ। উপরিস্থ একটি রেখা
খনির ভিতর পাত করিতে হইলে কাষ্ঠগুলি ক্ষিতিক্রতলে রাখিবে, এবং উহাদিগকে

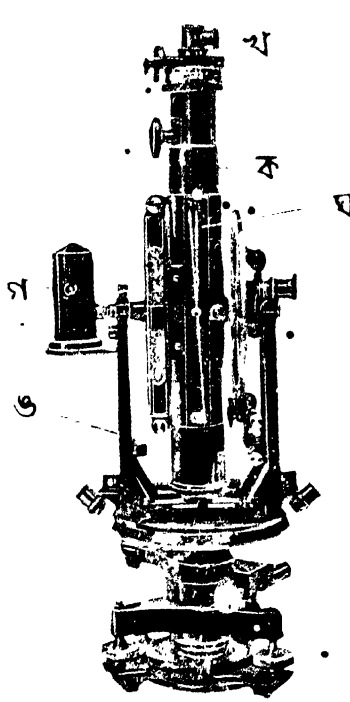
এক্রপে স্থাপন করিবে। যেন যন্ত্র এই রেখায় বসাইতে পারা যায়। রেখায় যন্ত্র বসাইবে। দূরবীক্ষণ যুরাইয়া ঠিক নীচের দিকে লক্ষ্য করিবে, এবং চানকের তলদেশে একটি মজবুত কাঠ রাখিয়া তাহাতে যথাস্থানে দাগ দিবে কিম্বা ক্ষুদ্র বাতি রাখিবে। এইরূপে চানকের তলদেশে দাগের অথবা বাতির সাহায্যে



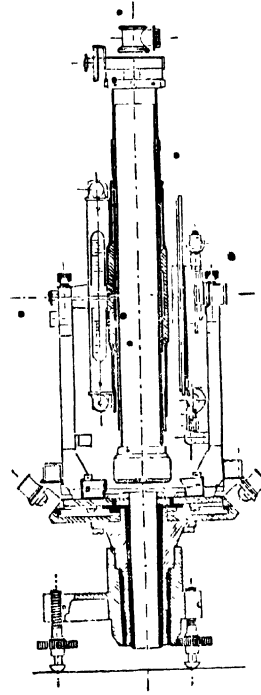
১১৫ চিত্র—অসমকেন্দ্রিক যামোত্তরযন্ত্র

ছুইটা বিন্দুর স্থান নির্ণয় করিবে। বাতি অথবা দাগ যথাসম্ভব অন্তরে রাখিবে। চানকের ব্যাসের দৈর্ঘ্যের উপর ছই বাতির ব্যবধান নির্ভর করে। উপর হইতে জরিপকারী পূর্বস্থিরীকৃত প্রণালী অনুসারে সংকেত করিলে যথা-স্থানে বাতি রাখিতে অথবা দাগ দিতে হইবে। সংকেত করিতে টেলিফোন

বিশেষ উপযোগী। অতঃপর পূর্বে ওলন ও তার দ্বারা যেরূপে ভূমিরেখা বন্ধিত করিবার উপায় বর্ণনা করা হইয়াছে, সেইরূপে এক্ষেত্রেও বাতি অথবা দাগ দ্বারা সূচিত ভূমিরেখা বন্ধিত করিবে। তার কম্পিত হয়, এবং বায়ু দ্বারাও বিচলিত হয়, কিন্তু যন্ত্রের দৃষ্টিরেখা স্থির থাকে, অতএব যাম্যোত্তরযন্ত্রের সাহায্যে নিঃসন্দেহে উত্তম ফল পাওয়া যায়।



সীমারণ যন্ত্র (elevation)।



ছেদ চিত্র (section)।

১৬৬ চিত্র—ফাপা অক্ষদণ্ডযুক্ত যাম্যোত্তরযন্ত্র। উদ্ধাপে চানকের নিম্নে লক্ষ্য করিতে হইলে যন্ত্রকে গুইতাবে রাখিতে হইবে।

ক—দরবাক্ষণ; উত্থাপে—যন্ত্র নলের মধ্যদিয়া উঠান হইয়াছে, সুতরাং উত্থাপ চক্রবালীয় বৃত্তে লাগিবে না এবং আশ্রয় স্থানদ্বয় থাকা করিয়া নিশ্চিত হইয়াছে।

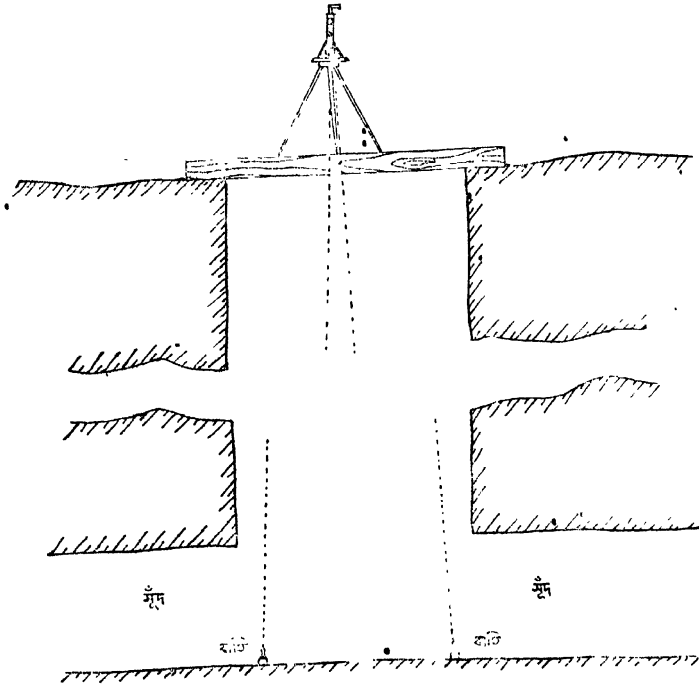
প—প্রতিফলক উপনৈত্রপত্র; উত্থাপে সাহায্যে ফাপা অক্ষদণ্ডের মধ্যদিয়া চানকের নিম্নে লক্ষ্য করা যায়।

গ—লঠন।

ঘ—ডুঙ্গী কম্পাস (trough compass); উত্থাপে দরবাক্ষণের উপরে আছে।

ং—আশ্রয়স্থান।

মিস্টার রিচার্ডসন সেভার্ন স্মুজের নিমিত্ত যাম্যোত্তর-থিয়াজোলাইট ব্যবহার
 রিচার্ডসনের সেভার্ন স্মুজ- করিয়া রেখাপাত করিতে একটি উপযোগী ও
 স্থিত ভূমিরেখা (Richard- কৌশলময় প্রণালী অবলম্বন করিয়াছিলেন। প্রণা-
 son's Severn tunnel লীটী এই :- চানকের তলদেশে একটি তার প্রসারিত
 base line)। করিয়া উহাকে উভয়দিকে স্মুজের মধ্যে বিস্তৃত
 করিবে। তারকে স্বজু রাখিবার জন্য উহার প্রত্যেক প্রান্তে একটি শায়িত



১১৭ চিত্র—যাম্যোত্তর-থিয়াজোলাইট ব্যবহার করিবার পদ্ধতি।

লৌহদণ্ডের উপর দিয়া লইয়া উহাতে ভার ঝলাইবে। দণ্ডে স্ক্রুপের পেঁচকাটা থাকে। অতএব দণ্ডকে ঘুরাইলে তারের একপ্রান্ত অগ্নি অগ্নি পার্শ্বে সরিয়া যায়। জরিপকারী উপর হইতে যন্ত্রের মধ্য দিয়া তারের যে অংশ চানকের তলদেশে আছে তাহাকে দেখিতে পান, এবং উপর হইতেই তারকে ইতস্ততঃ সরাসিয়া যথাস্থানে আনিবার জন্য আদেশ করেন। এইরূপে উপর হইতেই যাম্যোত্তরযন্ত্র দ্বারা যে রেখা সূচিত হইবে তাহাতে তাবটী যথাযথ আনা যাইতে পারে। এই উপায়ে সেভার্ন স্মুজে একেবারেই একটি ৩০০ ফুট লম্বা ভূমিরেখা পাওয়া গিয়াছিল।

প্রকৃত অথবা ভৌগোলিক মধ্যরেখা নির্ণয় করিবার উপায়।

জরিপকারী খনির যে বিভাগে (district) কার্য্য করিতেছেন,—
বিশেষতঃ যদি তিনি দূরবর্তী বিভাগে (remote district) কার্য্য করেন—

মস্তক

*

মস্তক
গ্রন্থ

ক্যাম্ব্রিয়

*

১১৮ চিত্র — ওলফ ও রাসের সাহায্য
ক্রবের নিম্নস্থ মধ্যলগ্নবিন্দু নির্ণয় কৰণ।

তথায় তাঁহাকে মধ্যরেখা নির্ণয় করিতে হয়।
এ রেখা নির্ণীত হইলে নক্ষত্র দিক দিক থাকে,
এবং বিভিন্ন দ্রব্য নক্ষত্র যথাস্থানে বসান যায়।
ভৌগোলিক মধ্যরেখা হইতে জরিপ না করিলে
জমির নক্ষত্র ভুল হয়। অনেক সময়ে এই ভুলের
জন্ম মূল্যবান ভূমি পার্শ্ববর্তী কুঠীয়ালাফে
ছাড়িয়া দিতে হইয়াছে, কারণ খনির প্রথমিক
নক্ষত্র কিম্বা যে নক্ষত্রসারে কয়লা অনুসন্ধান
করিবার পাটী (prospecting lease) লওয়া
হইয়াছিল তাহা ভুল ছিল।

একটি নক্ষত্র অথবা সূর্য্য হইতে প্রকৃত উত্তর
নিরূপণ করণ :—

সূর্য্যের সাহায্যে মধ্যরেখা নির্ণয় করা সম্ভাব্য-
জনক নহে। কারণ সূর্য্য ক্রান্তিবৃত্ত অর্থাৎ
উহার ভ্রমণপথে (ecliptic) অনবরত ঘুরিতেছে ;
সুতরাং মেরু হইতে উহার দূরত্বের ক্রমাগত
হ্রাসবৃদ্ধি হইতেছে। অপর পক্ষে মেরু হইতে
নক্ষত্রদিগের দূরত্বের হ্রাসবৃদ্ধি হয় না। তন্নিমিত্ত
উহাদের দ্বারা সূক্ষ্ম ফল পাওয়া যায়।

ক্রবতারা আকাশের উত্তরমেরুর নিকটে থাকে বলিয়া প্রথমেই উহার
কথা আমাদের মনে আসে। উহা ঠিক মেরুতে অব-
স্থিত নহে। মেরুর চতুর্দিক উহা একটি বৃত্তপথে
ভ্রমণ করে। এবং এই বৃত্তের ব্যাস কালক্রমে কমে
বাড়ে। ক্রবতারার উত্তর মেরুর সহিত কত কোণ করে তাহা নাবিক-পঞ্জিকা
(nautical almanac) হইতে পাওয়া যায়। ক্রব নক্ষত্র হইতে তিন
প্রকারে প্রকৃত উত্তর নির্ণয় করা যায় :—

- (১) উচ্চস্থ কিম্বা নিম্নস্থ মধ্যলগ্নবিন্দু — অর্থাৎ যে বিন্দুদ্বয়ে ক্রব যামোত্তর-
বৃত্ত অর্ধক্রম করে (upper or lower culminating
points)—লক্ষ্য করিয়া।
- (২) প্রাগস্তুর ও পরাস্তুর বিন্দুদ্বয়— অর্থাৎ ক্রবের ভ্রমণ পথস্থিত যে
দুইটি বিন্দু সর্ব্বাপেক্ষা পূর্বে অথবা পশ্চিমে আছে (eastern
and western elongation points)—লক্ষ্য করিয়া, এবং
মেরু হইতে তারক্যের দূরত্ব গণনা করিয়া।

ক্রবতারা (the Pole
star)।

(৩) উহার কক্ষস্থিত একটী ব্যাসের উভয় প্রান্তে ধ্রুবকে লক্ষ্য করিয়া যে কোণ পাওয়া যাইবে তাহাকে দুই সমভাগে বিভক্ত করিয়া।

(১) এই পদ্ধতির উপর বিশেষ নির্ভর করা যায় না। কারণ এই দুই বিন্দুর সন্নিহিতে নক্ষত্রের গতি অত্যন্ত দ্রুত। ১১৮ম চিত্রে ধ্রুব তারা নিম্নস্থ মধ্যলগ্নবিন্দুতে অবস্থিত দেখান হইয়াছে। যখন সপ্তমি মণ্ডলের (the Great Bear) পুচ্ছস্থিত মধ্যম নক্ষত্র (বসিষ্ট) ধ্রুবের সহিত অবলম্বন-সূত্রে আইসে তখন ধ্রুবের প্রায় মধ্যলগ্ন হয়। ধ্রুব বাস্তবিক এই সময়ের ১৯ মিনিট পরে যামোন্তররক্তকে অতিক্রম করে।

(২) প্রাগস্তুর ও পরাস্তুর বিন্দুদ্বয় লক্ষ্য করিয়া মধ্যরেখা নির্ণয় পদ্ধতি অপেক্ষাকৃত উত্তম। কারণ এই দুই বিন্দুর সন্নিহিতে নক্ষত্রের পূর্ব হইতে পশ্চিমে গতি অত্যন্ত মন্তর। অতএব সময়ের সামান্য ভুল হইলে আস যায় না। নিম্ন তালিকায় ধ্রুবতারা কোন তারিখে স্থূলতঃ কোন সময়ে প্রাগস্তুর ও পরাস্তুর বিন্দুতে আইসে তাহা দেওয়া হইল :—

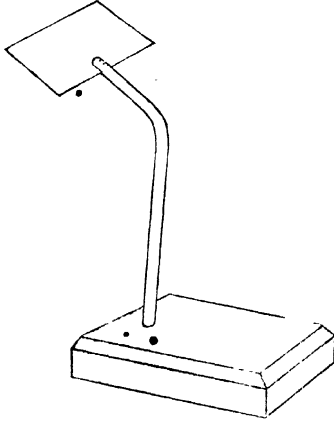
তারিখ।	প্রাগস্তুর।		পরাস্তুর।	
	ঘ.	মি.	ঘ.	মি.
১লা জানুয়ারি ...	১০	—৫০	০	—৪০
১লা ফেব্রুয়ারি ...	১০	—৫০	১০	—৪০
১লা মার্চ ...	৮	—৫০	১০	—৪০
১লা এপ্রিল ...	৬	—৫০	১০	—৪০
১লা মে ...	৪	—৫০	১০	—৪০
১লা জুন ...	২	—৫০	১০	—৪০

তালিকায় প্রদত্ত সময় স্থানীয় সময় (local time)। সুতরাং জরিপকারী কার্য আরম্ভ করিবার পূর্বে সেই স্থানের দ্রাঘিমানুযায়ী (longitude) ঘড়ি সংশোধন করিয়া লইবেন।

উদাহরণ :— ডালটনগঞ্জ (Daltonganj) বিভাগের দ্রাঘিমা ৮৪° ১০' ই। জনৈক খনিজ পদার্থ অনুসন্ধানকারী (prospector) ১লা আগষ্ট এই স্থান হইতে ধ্রুবের প্রাগস্তুর সময় নির্ণয় করিতে ইচ্ছা করেন। কলিকাতার দ্রাঘিমা ৮৮° ২০' ই। অতএব জরিপকারী কলিকাতার ৪° ১০' পশ্চিমে আছেন। দ্রাঘিমার প্রত্যেক ডিগ্রি প্রভেদের জন্য সময়ের ৪ মিনিট প্রভেদ হয়। সুতরাং তাঁহার ঘড়িতে কলিকাতার সময় অপেক্ষা ১৭ মিনিট কম (slow) সময় নির্দেশ করিবে। কিম্বা একই কথা ভারতবর্ষের সর্বগৃহীত সময় (standard time) অপেক্ষা ৭ মিনিট অধিক সময় সূচিত করিবে। এ প্রকারে ঘড়িতে স্থানীয় সময় রাখিয়া তিনি তালিকা

হইতে দেখিলেন যে, ধ্রুবতারা ১১ ঘণ্টা ৫৫ মিনিটে প্রাগস্তুর বিন্দুতে আইসে। অতএব ঐ সময়ে ঐ তারা লক্ষ্য করিলেন। ধ্রুবতারার প্রাগস্তুর ও পরাস্তুর বিন্দুতে আগমন সময়ের দৈনিক পরিবর্তন একই ভাবে হয়। অতএব মধ্যাহ্নে যে কোন তারিখে (২রা হইতে ৩০শের মধ্যে) ধ্রুবতারার প্রাগস্তুর ও পরাস্তুর বিন্দুতে আগমন সময় আনুপাতিক হিসাবে নির্ণয় করা যাইতে পারে।

(৩) ধ্রুবের কক্ষস্থিত একটি ব্যাসের উভয় প্রান্তে উহাকে লক্ষ্য করিয়া মধ্যরেখা নির্ণয় পদ্ধতি সূক্ষ্মতম। কিন্তু ইহা শীতকালে করিতে হইবে। কারণ তখন রাত্রি বড় বলিয়া ব্যাসের দুই দিকে যন্ত্র দ্বারা তারাকে কঠন করা সম্ভব। চুম্বকশলাকার উত্তর প্রান্ত বিভক্ত বৃত্তের শূন্য বিন্দুতে রাখিয়া যন্ত্র সঠিক বসান হইল। মনে কর, ধ্রুবকে সন্ধ্যা ৫টা ৩০ মিনিটের সময় একবার কঠন করা হইল। ঠিক সময় লিপিয়া রাখিতে হইবে। উহাকে যে সময়ে



১১০ চিত্র—শঙ্কু যন্ত্র

প্রথম কঠন করা হইয়াছে, তখন হইতে অঙ্গ নক্ষত্র দিবস (sidereal day) পরে উহা ব্যাসের অপর প্রান্তে পৌছিবে। ২৩ ঘণ্টা ৫৬ মিনিট ৪ সেকেন্ড এক নক্ষত্র দিবস। অতএব ধ্রুবতারাকে ১১ ঘণ্টা ৫৮ মিনিট ২ সেকেন্ড পরে পুনরায় কঠন করিবে।

উদাহরণ।—মনে কর, প্রথম কোণ ৩৫° ১৬' ২০" পাঠ করা হইল, এবং ১১ ঘণ্টা ৫৮ মিনিট ২ সেকেন্ড পরে দ্বিতীয় কোণ ৩৫° ০৬' ৪০" পাঠ করা হইল। এই দুইটির মধ্যম কোণ

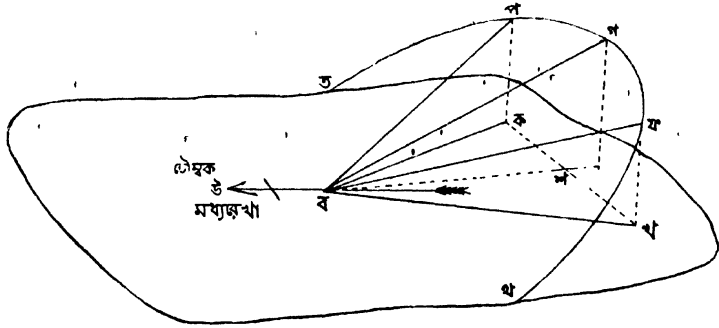
৩৫° ৪১' ৩০"। সুতরাং চৌম্বক বলন ৮° ১৮' ৩০" ই।

সূর্য্য যেমন পূর্বদিক হইতে পশ্চিম গমন করে, তেমনই উহার উন্নতাত্মকের

বৃদ্ধি হয়, এবং প্রায় মধ্যাহ্ন সময়ে উহা যামোন্তরস্থিত পূর্য্য নিরীক্ষণ (observation of the sun) অতিক্রম করে, অর্থাৎ সর্বোচ্চ স্থানে পৌছায়। অতঃপর

উহার উন্নতাত্মক যে পরিমাণে ক্রমশঃ বৃদ্ধি হইয়াছিল, সেই পরিমাণে হ্রাস হইবে। সূর্য্য হইতে মধ্যরেখা নিরূপণ এই তথ্যের উপর নির্ভর করে। অতএব যদি আমরা ভূপৃষ্ঠের সহিত লম্বভাবে অবস্থিত একটি যন্ত্রের ছায়া সূর্য্যের যামোন্তর অতিক্রমের দুই ঘণ্টা পূর্বে এবং দুই ঘণ্টা পরে লক্ষ্য করি, তবে আমরা দেখিতে পাই, এই দুই ছায়ার দৈর্ঘ্য সমান। এই ছায়াদ্বয়ের মধ্যাহ্নী কোণকে একটি রেখা দ্বারা দুইটি সমভাগে ভাগ করিলে মধ্যরেখা পাওয়া যাইবে।

কার্য্যতঃ একটী যষ্টি ব্যবহার্য করা হয় না। কারণ উহার ছায়া স্পষ্ট নহে, এবং ছায়ার ঠিক প্রান্তে দাগ দেখয়া দুষ্কর। যষ্টির পরিবর্তে ক্ষুদ্র ছিদ্রযুক্ত একটী পাতলা পাট্টা ব্যবহার করাই প্রশস্ত। পাট্টা একটী ফ্রেম সংযুক্ত করিবে। ফ্রেমসহ পাট্টা শঙ্কু (gnomon) নামে অভিহিত হইবে। ১১ম চিত্র দেখ। ক্ষুদ্র ছিদ্রের মধ্য দিয়া যে অল্প সূধ্যালোক আসিবে তাহার কেন্দ্ররেখা অনুমান করা সহজ সাধ্য। শঙ্কুকে একটী টেবিলের উপর আবদ্ধ করিবে, এবং টেবিল ক্ষতিজতলে রাখিবে। পরে গুলন ও রসির সাহায্যে টেবিলের উপরিস্থ কৌণবিন্দু ছিদ্রের ঠিক নীচে আছে তাহা নির্ণয় পূর্বক ঐ বিন্দুর দাগ দিবে। ঐ দাগকে কেন্দ্র করিয়া কতকগুলি সমকেন্দ্রিক বৃত্ত টানিবে। ভারতবর্ষে এই কার্য্য শীতকালে করা উচিত, কারণ ঐ সময়ে সূধ্য অধিক উষ্ণ থাকে না। মধ্যাহ্নের পূর্বে ও পরে কয়েক ঘণ্টা ধরিয়া আলোকবিন্দুর পথ টেবিলে



১২০ চিত্র—একটি নক্ষত্রের সনোন্নতাংশ লক্ষ্য করিয়া প্রকৃত উত্তর নির্ণয় করণ।

কতকগুলি বিন্দু (dots) দ্বারা চিহ্নিত করিবে। এই পথ বড়সমূহকে যে স্থানে কঠন করিবে কেবল তথায় দাগ দিবে। প্রত্যেক বৃত্তে দুইটি করিয়া দাগ হইবে। প্রত্যেক বৃত্তের দাগ দুইটি যোগ করিলেই উহার জ্যা পাওয়া যাইবে। পরে একটা রেখা কেন্দ্রবিন্দুর মধ্য দিয়া এবং জ্যাগুলিকে দুই সমভাগে ভাগ করিয়া টানিবে। উহাই মধ্যরেখা এবং এ্যালিডেডের সাহায্যে ভূমিতে খুঁটা প্রোথিত করিয়া উহার চিহ্ন রাখিবে।

যেমন সূর্য্যকে নিরীক্ষণ করিয়া মধ্যরেখা পাওয়া যায়। তেমনই যে কোন তারার উন্নতাংশ নিরীক্ষণ (observation of altitude of a star)। তারার উন্নতাংশ এই রেখা পাওয়া যায়। মধ্যরেখার কয়েক ঘণ্টা পূর্বে যে কোন তারাকে কুর্ভন করিয়া উহার উন্নতাংশ যন্ত্র দ্বারা মাপ কর, এবং মধ্যরেখার পর উহা নামিয়া যখন উহার উন্নতাংশ পুনরায় পূর্বের ন্যায় হইবে তখন আবার উহাকে যন্ত্রযোগে কুর্ভন কর। এই দুইবার তারাকে

কর্তন করিয়া যন্ত্রে যে দুইটি দিক পাওয়া যাইবে, তাহাদের মধ্যবর্তী কোণকে একটী রেখা দ্বারা দুই সমভাগ করিবে। এই রেখাই মধ্যরেখা।

১২০ম চিত্রে ব থিয়োডোলাইটের স্থান। যন্ত্রের শূন্যরেখা চৌম্বক উত্তরে রাখ। এই কার্য্য দিবসে করিবে, কিন্তু অগ্ন্যস্ত্র কার্য্য রাত্রে করিতে হইবে। এমন একটী সুবিধামত তারকা দেখ যাহার মধ্যলগ্নবিন্দুর উন্নতাংশ কম হয়। আকাশমণ্ডলে উহার পথ চিত্রে তথ রেখা দ্বারা প্রদর্শিত হইয়াছে। ১০° গ পথের মধ্যলগ্নবিন্দু। থিয়োডোলাইটের ক্রুশ-কেশগুলির ভেদ বিন্দু দ্বারা তারাকে সুবিধামত প বিন্দুতে মধ্যলগ্নের পূর্বে একবার কর্তন কর। পরে উদ্ধাধঃ বৃত্তকে ক্ল্যাম্প দ্বারা আবদ্ধ কর, এবং উবক কোণ মাপ কর। এখন উদ্ধাধঃ বৃত্ত আলগা না করিয়া যন্ত্রকে আবর্তন করতঃ তারাকে অনুসরণ করিতে থাকিবে। কয়েক ঘণ্টার পর তারাকে পুনরায় থিয়োডোলাইটের মধ্য দিয়া দেখিতে পাওয়া যাইবে। অগ্রে যখন কর্তন করা হয় তখন তারার যত উন্নতাংশ ছিল এখন প্রায় তত উন্নতাংশ হইলে চক্রবালীয় বৃত্তকে আবদ্ধ করিয়া স্পর্শনীকু ব্যবহার করিবে। যে পর্য্যন্ত না ক্রুশ-কেশের ভেদ বিন্দুর সহিত তারা মিলিত হয় ততক্ষণ উহাকে সাবধানে অনুসরণ করিবে। এখন তারা প বিন্দুতে পৌঁছিয়াছে। উহার উন্নতাংশ প এর উন্নতাংশের সমান। পরে উবক কোণ পাঠ করিবে। অর্দ্ধ কোণ উবশ এইরূপে পাওয়া যাইবেঃ—

$$\frac{\text{উবক} + \text{উবশ}}{2}$$

বশ রেখা ব এর মধ্য দিয়া এবং মধ্যলগ্নবিন্দু গ এর ঠিক নিম্ন দিয়া যায়। অতএব বশ মধ্যরেখা।

উবশ কোণ জানা থাকিলে চুম্বকশলাকার বলন নির্ণয় করা যায় যথা উবশ যদি ১৮২° ৪৫' হয়, তবে বলন ২° ৪৫' ডব্লিউ হইবে; কিন্তু উবশ যদি ১৭৫° ১১' ২০" হয়, তবে বলন ৪° ৩৮' ৪০" ই হইবে।

সমোচ্চরেখা (contour)।

পৃথিবীকে কর্তন করিয়া একটী কাল্পনিক ক্ষিতিজাতল ভূপৃষ্ঠের সহিত যে রেখায় মিলিত হয় তাহাকে সমোচ্চরেখা বলে। একটা হ্রদের শাখ জলপৃষ্ঠ পুলিনের সহিত যে রেখায় মিলিত হয় তাহার বিষয় চিন্তা করিলেই সমোচ্চরেখার বিষয় সহজ বোধ্য হইবে। যদি জলপৃষ্ঠ আরও ৫ ফুট অধিক উচ্চে থাকিত, তবে উহা সম্পূর্ণ ভিন্ন রেখায় পুলিনে মিশিত। দুইটি নিকট বর্তী সমোচ্চরেখার উদ্ধাধঃ ব্যবধান ৫ ফুট হইতে ১০০ ফুট পর্য্যন্ত হয় নানানুযায়ী এই ব্যবধান শ্রদ্ধাধিক হইবে। ছাত্রেরা সমোচ্চরেখার ধর্ম্মগুলি আলোচনা করিবে। এরূপ করিলে অভ্যাসসহ তাহারা নক্সায় এই রেখা হইকত ভূপৃষ্ঠ উচ্চাবচতা বুঝিতে পারিবে, এবং ভূমধ্যে স্তরযুক্ত শ্রষ্টরেন (sedimentary

rocks) স্তরোদ্ভব (outcrop) রেখা নির্ণয় করিতে সমর্থ হইবে। সম-প্রবণতাযুক্ত ভূমিতে সমোচ্চরেখাগুলি নজায় গমদ্রবভী। সমতল ভূমিতে উহার সমান্তরাল স্বজুরেখা। প্রত্যেক সমোচ্চরেখার দুই প্রান্ত নজায় অথবা উহার বাহিরে নিশ্চয় মিলিত হইবে। সমোচ্চরেখা ঘনসন্নিবিষ্ট হইলে বুঝিতে হইবে, ঐ স্থানের প্রবণতা অত্যন্ত অধিক। উহার অধিক ব্যবধানে থাকিলে অল্প প্রবণতা সূচিত করে। উপত্যকায় সমোচ্চরেখা উহার এক পার্শ্ব দিয়া গমন করে, এবং উহার মধ্যে নালা যেখান হইতে আরম্ভ হইয়াছে তথায় রেখা বাকিয়া উহার অন্য পার্শ্বে যাইবে। ঐস্থানে রেখার আকৃতি ইংরাজী অক্ষর V সদৃশ হইবে। সমোচ্চরেখার দুইপ্রান্ত মিলিত হইলে একটি উন্নত কিম্বা আনত ভূমি নির্দেশ করে।

ঊর্দ্ধ্বেরা সমোচ্চরেখামানচিত্র হইতে ভূপৃষ্ঠের আকৃতি নির্দেশক ছেদ (profile) অঙ্কিত করিতে অভ্যাস করিবে। ঐ মানচিত্রে অনুপ্রস্থে একটি রেখা টানিবে। উহা সমোচ্চরেখাগুলিকে যে বিন্দু সমূহে ভেদ করে তাহাদের দূরত্ব ঐ অনুপ্রস্থে অবস্থিত রেখায় মানযষ্টি দ্বারা মাপ করিবে। মানচিত্র হইতে বিন্দুগুলির উচ্চতা পাওয়া গেলে উহাদিগকে অঙ্কিত করা যাইবে। ইহা স্পষ্ট যে, ভূপৃষ্ঠের আকৃতি নির্দেশক পরে পর কতকগুলি ছেদ দেওয়া থাকিলে সমোচ্চরেখা বিহীন নজায় ঐ রেখা টানা যাইতে পারে।

যে স্থানে সমোচ্চরেখা নির্ণয় করিতে হইবে তথায় কতকগুলি সমান্তরাল সমবাবধান রেখা বাণ্ডি দ্বারা শ্রেণীবদ্ধ (range) কর। উহাদের সমকোণে আর কতকগুলি সমান্তরাল সমবাবধান রেখা একপে শ্রেণীবদ্ধ কর। শেষোক্ত রেখা সমূহের ব্যবধান এবং পূর্বেক্ত রেখা সমূহের ব্যবধান সমান হইবে। অতএব স্থানটী কতকগুলি বর্গক্ষেত্রে বিভক্ত হইবে। যদি স্থানটী বিস্তৃত না হয় তবে ১০ ফুট বাহুযুক্ত বর্গক্ষেত্র করিলেই চলিবে। রেখাগুলি যে বিন্দু সমূহে পরস্পর ভেদ করিয়াছে সেই বিন্দু সকলের গণিত উচ্চতা নির্ণয় কর। বিন্দু সমূহের গমদ্রবী সমোচ্চরেখা সকল আনুপাতিক হিসাবে পাওয়া যাইবে। এই উপায়টী অত্যন্ত সূক্ষ্ম, কিন্তু ইহাতে অনেক সময় লাগে, অতএব বিরক্তিকর। বিস্তৃত ভূমিতে থিয়োডোলাইট ও জলসম্মকরণ গাজের সাহায্যে শীঘ্র শীঘ্র সমোচ্চরেখা নির্ণীত হইতে পারে। যন্ত্রকে একটি সমোচ্চরেখার কিছু উপরে বসাইয়া উহাকে জলসম করা হইল। একটী ক্রলি প্রবণভূমিতে গজ ধরিবে, এবং যতক্ষণ না দূরবীক্ষণের মধ্য দিয়া দেখিলে গজ দাঁড়িত সমোচ্চরেখায় আইসে, ততক্ষণ সে ঐ স্থানের উপরে কিম্বা নীচের দিকে গজকে ইতস্ততঃ সরাইবে। যন্ত্র চক্রবালীয় বৃত্তে কোণে পাল করিলে গজের দিক পাওয়া যাইবে, এবং উহার দূরত্ব ষ্টিডিয়া-তার দ্বারা নিরূপিত হইবে। অতএব দূরবীক্ষণে যতদূরে গজের অঙ্কপাল করা যায় ততদূর পর্য্যন্ত ঐ সমোচ্চরেখাঙ্কিত বিভিন্ন বিন্দু সমূহের স্থান নির্ণয় করিয়া উহাদিগকে নজায় অঙ্কিত করা যাইবে।

যন্ত্র ব্যবস্থাপন।

(Adjustment of Instruments) :

জলসমীকরণ যন্ত্র দুই প্রকার। একটীতে দূরবীক্ষণ স্থাপন করিবার জন্য ইংরাজী Y অক্ষর সদৃশ, দুইটি আশ্রয়স্থান (supports) আছে। দূরবীক্ষণকে এই আশ্রয়স্থানদ্বয় হইতে খুলিয়া লইয়া উহার প্রান্ত পাণ্টাইয়া (turned end for end) পুনরায় Yএ রাখা যায়। এই যন্ত্রকে Y যন্ত্র (level) বলে। অন্যটীর উর্দ্ধাংশ অক্ষ (vertical axis), এবং দূরবীক্ষণের আশ্রয় স্থানদ্বয় দৃঢ়রূপে আবদ্ধ। এই যন্ত্রটির নাম ডাম্পি যন্ত্র (Dumpy level)। এই যন্ত্রের অঙ্গপ্রত্যঙ্গ (parts) খুব কম ক্ষয় প্রায় হয়। অতএব অসাধাৰণে ব্যবহার করিলে উহা Y যন্ত্রের ন্যায় শীঘ্র খারাপ হইয়া যায় না।

Y যন্ত্র দ্বারা কার্য্য আরম্ভ করিবার পূর্বে যন্ত্রকে স্থায়ীভাবে ব্যবস্থাপিত করিতে হইবে। ইহার ব্যবস্থাপনের চারিটি প্রক্রিয়া :—

- (১) যন্ত্র যখন ক্ষিতিজতলের সহিত সমান্তর (জলসম) থাকিবে, তখন উহার ক্ষিতিজকেশ ঐ তলের ঠিক সমান্তরালে রাখা।
- (২) দৃষ্টিরথাকে Y সদৃশ আশ্রয়স্থানদ্বয়ের সমান্তরাল করা।
- (৩) দৃষ্টিরথাকে বুদ্ধদ্যুক্ত নলের সমান্তরাল করা।
- (৪) বুদ্ধদ্যুক্ত নলকে উর্দ্ধাংশ অক্ষের সমকোণে রাখা।

(১) ক্ষিতিজকেশ দ্বারা একটী বিন্দুকে কণ্ঠন কর, এবং দূরবীক্ষণকে ক্ষিতিজতলে ইতস্ততঃ অল্প আবর্তিত কর। বিন্দু কেশ ছাড়াইয়া গিয়াছে কিনা দেখ। যদি না যায়, তবে ঐ কেশ ঠিক আছে। যদি ছাড়াইয়া গিয়া থাকে, তবে যে ফ্রেমে অর্থাৎ বিল্লীতে কেশগুলি সংযুক্ত তাহাকে ঘুরাইয়া কেশ ঠিক কর।

(২) ক্ষিতিজকেশ দ্বারা যে সকল বিন্দু কণ্ঠিত হইয়াছে তাহাদের মধ্যে একটী মুম্পষ্ট বিন্দুকে লক্ষ্য কর। দূরবীক্ষণকে উহার অক্ষের উপর 1৮° ঘুরাও, এবং পুনরায় ঐ বিন্দুকে দেখ। যদি বিন্দু কেশ ছাড়াইয়া যায়, তবে যে স্ক্রু দ্বারা বিল্লী উঠান নামান যায় তাহা দ্বারা অর্ধেক ভুল সংশোধন কর। পুনরায় পরীক্ষা কর, অর্থাৎ ক্ষিতিজকেশ দ্বারা একটী মুম্পষ্ট বিন্দুকে লক্ষ্য কর, এবং দূরবীক্ষণকে উহার অক্ষের উপর 1৮° ঘুরাইয়া ঐ বিন্দুকে দেখ। এখন দেখিবে যে, কেশ বিন্দুকে কণ্ঠন করিয়াছে, অন্ততঃ পূর্বাপেক্ষা উহার নিকটে গিয়াছে। যদি ঠিক কণ্ঠন না করে, তবে পুনঃ

ঝিল্লিকে উঠাইয়া বা নামাইয়া অর্দেক ভুল সংশোধন করিবে। আবার পরীক্ষা করিবে। যতক্ষণ না ঠিক হয়, ততক্ষণ এইরূপে কার্য্য করিবে।

(৩) যন্ত্রকে ঠিক করিয়া বসাও এবং দূরবীক্ষণ দুইটি পাদক্লুব সমান্তরালে রাখ। ঐ দুইটি পাদক্লুব দ্বারা বৃদ্ধকে উহার নলের মধ্যস্থানে আনয়ন কর। যন্ত্রকে উহার উদ্ধাধঃ অক্ষরে উপর এক সমকোণে আবর্তিত কর, এবং পূর্বমত বৃদ্ধকে মধ্যস্থানে আন। একরূপ করিতে যন্ত্রটি মোটামুটি জলসম হইল। এখন Y দ্বয় হইতে দূরবীক্ষণ উঠাও, উহার প্রান্ত পান্টাও, এবং পুনরায় Y এ রাখ। এই কার্য্যে Y দ্বয়ের দিক যেন পরিবর্তিত না হয়, অর্থাৎ যন্ত্র যেন একটুও ঘুরিয়া না যায়। এখন বৃদ্ধ বোধ হয় মধ্যস্থান হইতে একটু সরিয়া খাইবে। বৃদ্ধ দৃষ্ট নলের প্রান্তস্থিত ক্যাপ্‌ষ্ট্যান স্ক্রু দ্বারা অর্দেক ভুল সংশোধন করিবে। পুনরায় পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, বৃদ্ধ মধ্যস্থলে আসিয়াছে। যদি না আসে, তবে যতক্ষণ না ঠিক হয়, ততক্ষণ এই কার্য্য সমূহ বার বার করিবে।

(৪) যন্ত্রকে জলসম কর. যেন বৃদ্ধ দুইটি নলের ঠিক মধ্যস্থলে থাকে। দূরবীক্ষণকে ক্ষিতিজতলে 1৮০° আবর্তিত কর. এবং যদি বৃদ্ধ মধ্যস্থলে না থাকে, তবে Y এর নীচে যে ক্যাপ্‌ষ্ট্যান স্ক্রু আছে তাহা দ্বারা অর্দেক ভুল সংশোধন কর।

ডাম্পিং যন্ত্রের ব্যবস্থাপন পদ্ধতি Y যন্ত্রের পদ্ধতি হইতে ভিন্ন। ইহার ব্যবস্থাপন প্রক্রিয়া তিনটি।—

- (১) যন্ত্র যখন ক্ষিতিজতলের সহিত সমান্তর (জলসম) হইবে, তখন উহার ক্ষিতিজকেশ 'এ' তলের সহিত সমান্তরে রাখা।
- (২) বৃদ্ধ দৃষ্ট নলকে উদ্ধাধঃ অক্ষের সহিত সমকোণে রাখা।
- (৩) দৃষ্টিরথাকে বৃদ্ধ দৃষ্ট নলের সমান্তর করা।

(১) এই প্রক্রিয়া Y যন্ত্রে যেক্রমে করা হয় ডাম্পিং যন্ত্রেও সেইরূপে করিবে।

(২) যন্ত্রকে মোটামুটি জলসম কর. এবং দূরবীক্ষণকে দুইটি পাদক্লুব সমান্তরে রাখিয়া বৃদ্ধকে নলের মধ্যস্থলে আনয়ন কর। দূরবীক্ষণকে ক্ষিতিজতলে 1৮০° আবর্তিত কর এবং বৃদ্ধ যদি মধ্যস্থলে না থাকে, তবে নলের প্রান্তে যে ক্যাপ্‌ষ্ট্যান স্ক্রু আছে তাহা দ্বারা অর্দেক ভুল সংশোধন কর। পুনরায় পরীক্ষা কর. এবং যতক্ষণ না বৃদ্ধ মধ্যস্থলে আসে ততক্ষণ এই কার্য্য সমূহ বার বার কর।

৩) এই প্রক্রিয়ানী অধিকতর জটিল। ১৫০ ফুট দূরে দুইটি ক ও খ বিন্দু মর্মনীকৃত কর। ক বিন্দুতে যন্ত্র বসাও। দূরবীক্ষণকেন্দ্রের উচ্চতা গজ দ্বারা সঠিক মাপ, এবং পুস্তকে লেখ। খ দিকে দূরবীক্ষণ রাখ. বৃদ্ধকে

মধ্যস্থল আনয়ন কর, এবং খ স্থিত গজ পাঠ কর। মনে কর, কএ দূরবীক্ষণের উচ্চতা ৪'৩৫ এবং খএ গজের পাঠ ৫'৫৪। ইহা হইতে ক খ অপেক্ষা ১'১৯ ফুট উচ্চ আমরা জানিতে পারি।

এখন খএ যন্ত্র বসাইয়া কএ যে সকল কার্য করা হইয়াছিল তাহা পুনরায় করিবে। মনে কর, খএ দূরবীক্ষণের উচ্চতা ৪'৫৩, এবং কএ গজের পাঠ ৩'৫৯। ইহা হইতে ক খ অপেক্ষা ০'৯৪ ফুট উচ্চ আমরা জানিতে পারি।

অতএব ১'১৯ এবং ০'৯৪ এর মধ্যম লইলে ক খ অপেক্ষা ঠিক কত উচ্চে আছে তাহা নির্ণীত হইবে। সুতরাং ক খ অপেক্ষা ঠিক ১'০৬৫ ফুট উচ্চ। এখন খএ যন্ত্র যেমন আছে উহাকে তদবস্থায় রাখিয়া, ক স্থিত গজে ৩'৬৫ ফুট উচ্চে একটা চিহ্ন করা হইল। এই চিহ্ন খ স্থিত দূরবীক্ষণের এক ক্ষিতিজতলে হইবে। এখন বিদ্যমান ক্ষিতিজকেশকে এরূপে ব্যবস্থিত করিতে হইবে, যেন উহা ক স্থিত গজে ৩'৪৬৫ পাঠ দেয়। এরূপ করিলে ক্ষিতিজকেশ ঠিক হইবে। বৃদ্ধযুক্ত নলকে আগ্রহে জলসম করা হইয়াছে। কাজেই এখন দৃষ্টিরেখা ঐ নলের সমান্তরাল হইতে বাধ্য।

কম্পাসের ব্যবস্থাপন প্রক্রিয়াগুলি এইরূপ :—

- (১) কেশ ঝাড়ু করা।
 কম্পাস (the compass)।
 (১) শলাকার মন্তরগতি (sluggish movement)। সংশোধন করা।

- (৩) শলাকাকে সমতুল করা, যেন উহা ক্ষিতিজতলে ঘূরে।
 (৪) শলাকা ঝাড়ু করা।
 (৫) বিবর্তন কৌলককে ঝাড়ু করা।
 (৬) বৃদ্ধযুক্ত নলকে ব্যবস্থিত করা, যেন উহা উদ্ধাধঃ অক্ষের সহিত সমকোণ করে।

(১) কেশ যদি আলগা থাকে, তবে কাণ্টের ক্ষুদ্র গুঁজির (plug) সাহায্যে নূতন কেশ লাগানই যুক্তিযুক্ত। খনির ভিতরস্থ জরিপে যন্ত্রে অশ্বের কিঞ্চিৎ ছাগলের সাদা বালাম্‌চি থাকিলে উত্তম হয়। দেয়াশলাইয়ের কাঠি হইতে গুঁজি প্রস্তুত করা যায়।

(১) বিবর্তন কৌলকের অগ্রভাগে মরিচা ধরিলে কিম্বা উহা স্থূল হইয়া, যাইলে শলাকার গতি মন্তর হয়। কৌলকের উপরিভাগ ঘষিয়া পালিস্ করিয়া উহাতে একটু খনিজ তৈল (mineral oil) লাগাইয়া দিলে শলাকা উহার উপর অবলম্বীলাক্রমে ঘূরিবে। শলাকা যখন ব্যবহার করা না হয়, তখন উহা যেন কৌলকের উপর না থাকে। তখন উহাকে উত্তোলক দণ্ড (lever) দ্বারা

উঠাইয়া রাখিতে হইবে। এক ট্রেসন্ হইতে অন্য ট্রেসনে যন্ত্র বহন করিবার সময় কোনমতে ওরূপ করিতে ভুল না হয়।

(৩) যন্ত্রকে জলসম করিলে শলাকা যদি কাচের গাত্রে লাগিয়া থাকে, তাহা হইলে ক্ষুদ্র সমভারটী (counter weight) অগ্রে কিম্বা পশ্চাতে সরাইয়া শলাকাকে সমতুল (balance) করিতে হইবে।

(৪) নলাকার এন্ ও এস্ প্রান্তদ্বয় হইতে কোণের যে দুইটা পাঠ পাওয়া যাইবে তাহাদের বিয়োগফল যদি 180° না হয়, তবে বুঝিতে হইবে, হয় শলাকা, না হয় কীলক, অথবা উভয়েই বাঁকিয়া গিয়াছে। শলাকাকে ঝজু করিতে হইলে উহার এন্ প্রান্ত বিভক্ত বৃত্তের কোন একটা নির্দিষ্ট দাগের সহিত মিলাইয়া এস্ প্রান্ত পাঠ কর। যন্ত্রকে 180° আবর্তিত কর, এবং এস্ প্রান্ত ঐ নির্দিষ্ট দাগের সহিত মিলাও। এখন এন্ প্রান্ত পাঠ কর। এই পাঠ যদি পূর্বপাঠের সহিত এক না হয়, তবে শলাকা বাঁকিয়া গিয়াছে বুঝিতে হইবে। শলাকাকে উল্টা দিকে বাঁকাইয়া অর্ধেক ভুল সংশোধন কর। এখন শলাকা ঝজু হইবে। কিন্তু কীলক যদি বক্র থাকে, তবে বৃত্তের সকল স্থানে উভয় প্রান্তের পাঠে 180° প্রভেদ হইবে না।

(৫) যদি কীলক বক্র এবং শলাকা ঝজু থাকে, তবে বিভক্ত বৃত্তের মাত্র এক স্থানে শলাকার প্রান্তদ্বয় 180° অন্তরে আসিবে। ঐ স্থানের 90° অন্তরে দুই প্রান্তের পাঠদ্বয়ের বিয়োগফল এবং 180° এই দুইএর মধ্য সর্বাপেক্ষা অধিক পার্থক্য লক্ষিত হইবে। এই দুই স্থান নির্ণয় কর, এবং প্রথম স্থানের রেখায় কীলক যথাদিকে বাঁকাইবে। পরে দ্বিতীয় স্থানে প্রান্তদ্বয় পাঠ করিবে। ঐ পাঠে 180° প্রভেদ হইলে কীলক ঝজু হইয়াছে জানা যাইবে।

(৬) প্রত্যেক বুদ্ধদ্রব্যক্ত নলকে স্বতন্ত্র ব্যবস্থিত করিতে হইবে। একটা নলকে ব্যবস্থিত করিতে হইলে উহার বুদ্ধদ্রব্যকে মধ্যস্থানে আনয়ন কর। যন্ত্রকে 180° আবর্তিত কর, এবং বুদ্ধদ্রব্যস্থলে না থাকিলে নলের প্রান্তে ক্যাপ্‌ট্যান্‌ স্ক্রু দ্বারা অর্ধেক ভুল সংশোধন কর।

থিয়োডোলাইটের ব্যবস্থাপন প্রক্রিয়া এইরূপঃ—

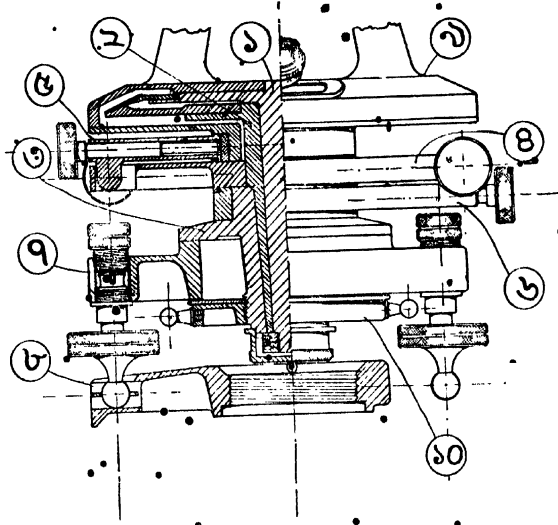
থিয়োডোলাইট (the theodolite) (১) চক্রবালীয় বৃত্তাস্ত বুদ্ধদ্রব্যক্ত নলকে উদ্ধাধঃ অক্ষের সহিত সমকোণ করা।

(২) দূরবীক্ষণ উদ্ধাধঃ বৃত্তে আবর্তন করিবার সময় যে অক্ষের উপরে যুরে, সেই ক্ষিতিজ অক্ষের সহিত যন্ত্রের দৃষ্টিরেখা সমকোণে রাখা।

(৩) ক্ষিতিজ অক্ষকে উদ্ধাধঃ অক্ষের সমকোণ করা।

(৪) দূরবীক্ষণের দৃষ্টিরেখাকে উহার বুদ্ধদ্রব্যক্ত নলের সহিত সমান্তর করা।

(৫) উদ্ধাধঃ কোণ মাপিতে হইলে “সূচির ভুল” (index error) সংশোধন করা।



১২১ চিত্র—আদর্শ থিয়োডোলাইটের তলভাগ (ওয়াটস)।

নং।	অংশ।	নং।	অংশ।
১	বেল মেটাল নিশ্চিত কেন্দ্র।	৬	নিম্নের গ্রাম্প।
২	মণিবর্তী কেন্দ্র।	৭	উপরের তেপায়া।
৩	বাহ্যিক পদ।	৮	নিম্নের তেপায়া।
৪	স্প্রিং ফ্রেন।	৯	উপরের প্লেট।
৫	উপরের গ্রাম্প।	১০	গ্রাম্প, কবিরার চাকতি।

(১) কম্পাসে যেকোনো বুদ্ধদ্যুক্ত নল ব্যবস্থিত হয় থিয়োডোলাইটেও সেই ভাবে চক্রবালীয় বৃত্তস্থিত বুদ্ধদ্যুক্ত নল ব্যবস্থিত হয়। প্রত্যেক নলকে স্বতন্ত্রভাবে ঠিক করিতে হইবে।

(২) দূরবীক্ষণ দ্বারা ১৫০ ফুট অন্তরে একটি ক বিন্দু কর্তন কর, এবং চক্রবালীয় বৃত্ত ক্রাম্প দ্বারা আবদ্ধ কর। দূরবীক্ষণকে উদ্ধাধঃ বৃত্তে প্রায় ১৮০° ঘুরাও, এবং দৃষ্টিরেখায় ১৫০ ফুট অন্তরে একটি খ বিন্দু মনোনীত কর। চক্রবালীয় বৃত্ত আলসা করিয়া যন্ত্রকে ১৮০° আবর্তন করতঃ বকে দেখ। অতঃপর চক্রবালীয় বৃত্ত পুনরায় আবদ্ধ করিয়া উদ্ধাধঃ বৃত্তে ঘুরাও এবং খকে দেখ। যদি খ দৃষ্টিরেখায় থাকে তবে যন্ত্র ঠিক আছে। যদি না থাকে, তবে দৃষ্টিরেখায় একটি গ বিন্দু মনোনীত কর। খগ রেখায়

একটি ঘ বিন্দু লও, যেন $গঘ = \frac{১}{৪}$ গথ হয়। ঝিল্লীকে উহার ক্ষু দ্বারা সরাইয়া দূরবীক্ষণের দৃষ্টিরেখার সাহায্যে ঘ বিন্দুকে কর্তন কর। এখন দৃষ্টিরেখা ক্ষিতিজ অক্ষের ঠিক সমকোণে হইবে।

(৩) যন্ত্রকে জলসম কর। যন্ত্রের সহিত এক ক্ষিতিজতলে অবস্থিত একটি ক বিন্দুকে লক্ষ্য কর। দূরবীক্ষণকে উদ্ধাধঃ তলে যতটুকু আবশ্যক ততটুকু ঘুরাইয়া উচ্চে অবস্থিত একটি খ বিন্দু কর্তন কর। দূরবীক্ষণকে উদ্ধাধঃ তলে ১৮০° ঘুরাও। পরে যন্ত্রকে ক্ষিতিজতলে ১৮০° আবর্তন করিয়া পুনবার খ বিন্দুকে কর্তন কর। চক্রবালীয় বৃত্ত স্থাপন কর। দূরবীক্ষণকে উদ্ধাধঃ তলে নিম্নে ঘুরাইয়া ক বিন্দুকে লক্ষ্য করিতে চেষ্টা কর। যদি দৃষ্টিরেখা ঠিক ককে কর্তন করে, তাহা হইলে উদ্ধাধঃ অক্ষ ক্ষিতিজ অক্ষের ঠিক সমকোণে আছে। যদি না কবে, তবে দৃষ্টিরেখায় ক এর সমান উচ্চে একটি গ বিন্দু লও, এবং ক্ষু দ্বারা দূরবীক্ষণের উদ্ধাধঃ কেশকে ক এবং গ এর ঠিক মধ্যস্থলে আন।

(৪) জলসমীকরণ যন্ত্রের দৃষ্টিরেখা যেভাবে বুদ্ধদৃষ্ট নলের সমান্তর করা হয়, থিয়োডোলাইটেও সেইভাবে করা হয়।

(৫) যখন দূরবীক্ষণ এবং উহার বুদ্ধদৃষ্ট নলকে বাবস্থাপিত করিয়া উহাদিগকে জলসম করা হয়, তখন হ্রত উদ্ধাধঃ বৃত্তের শূন্যরেখা উহার ভাণ্ডারের শূন্যের সহিত মিলিত হইবে না। ইহাকে “সূচীর ভুল” বলে। এই ভুল সংশোধন করিবার জন্য যে ক্ষু আছে তাহাও সাহায্যে সংশোধন করিবে।

অসমকেন্দ্রতার নির্মিত থিয়োডোলাইটে আর এক প্রকার ভুল হয়। বিপরীতদিকে অবস্থিত দুইটি ভাণ্ডার পাঠ করিয়া মধ্যম পাঠ লইলে এই ভুল নিরাকৃত হয়।

নবম অধ্যায়ের প্রশ্নমালা ।

১। বোর-গর্ভ দ্বারা একটা কয়লাস্তর পরীক্ষা (prove a coal seam) করিয়া উহার নতি ও মিলন রেখা নির্ণয় করিতে হইবে। ওরূপ করিতে কতগুলি গর্ত করিবে? উহার কারণ দর্শাও।

২। একটা কয়লাস্তর পযান্ত্র তিনটা বোর-গর্ভ করা হইয়াছে। যে অংশে গর্ত করা হইয়াছে তথায় স্থানচ্যুতি নাই। ভূপৃষ্ঠে গর্তগুলির গণিত উচ্চতাই এইরূপ :—

ক	...	১৭৬'২৫
খ	...	১২৭'৭৫
গ	...	১১০'০০

ভূপৃষ্ঠ হইতে গর্তগুলির গভীরতা এইরূপ :—

ক	...	৪৮০'০০ ফুট,
খ	...	৬০১'৫০ ফুট,
গ	...	৭৩৩'৭৫ ফুট।

জরিপ করিলে জানা যায়, কগ ঠিক পূর্বদিকে আছে, এবং উহা ১৪১৬ ফুট দীর্ঘ। গগ এন ৩০° ডব্লিউ দিকে আছে, এবং উহা ৬২০ ফুট লম্বা। স্তরের নতি সর্কাপেক্ষা অধিক কোন্ দিকে, এবং উহার পরিমাণ কত?

উত্তর :—এস্ ৪০° ই। ৪ এ ১।

৩। দ্বিতীয় প্রশ্নে, গর্ত করিবার পর দেখা গেল ক এবং খগ এব মধ্য একটি ৩০ ফুট স্থানচ্যুতি আছে। উহা পূর্বদিকে অবস্থিত। স্তরের নতি সর্কাপেক্ষা অধিক কোন্ দিকে এবং উহার পরিমাণ কত?

উত্তর :—এস্ ৪৭° ই। ৩৯ এ ১।

৪। একটা চানকে ১১ ফুট অন্তরে দুইটা তাব দ্বারা গুলন বুলাইয়া খনির ভিতরে ভূমিরেখা পাত করিতে জনৈক জরিপকারী উত্তরের তারটা ভুলক্রমে যথাস্থান হইতে $\frac{১}{১৬}$ ইঞ্চি পূর্বে রাখিয়াছেন, এবং দক্ষিণের তাবটা $\frac{১}{১২}$ ইঞ্চি পশ্চিমে রাখিয়াছেন। তাবদ্বয় স্চিত্র ভূমিরেখার নাচাঘো একটা বাস্তা চালান হইয়াছে। চানক হইতে খনির দক্ষিণ সীমানা ১ মাইল দূরে আছে। ঐ ভূমিরেখার কোণীক ভুল (angular error) কত, এবং বাস্তা যদি দক্ষিণ সীমানা পর্যন্ত চালান হয়, তবে বাস্তা কতটা পাশে সরিয়া যাইবে?

উত্তর :—৩ $\frac{২}{১}$ মিনিট। ৫ ফুট ১০ ইঞ্চি।

৫১. দুইটা চানক ৭১ ফুট অন্তরে আছে। উত্তর দক্ষিণে একটা ভূমিরেখা পাত
 ক্লিরার মিশ্রিত প্রত্যেক চানকে তব দ্বারা ওলন খুলান হইয়াছে। জরিপকারী উত্তরের
 তারকে ভুলক্রমে যথাস্থান হইতে $\frac{3}{4}$ ইঞ্চি পূর্বে রাখিয়াছেন, এবং দক্ষিণের তারকে
 $\frac{3}{4}$ ইঞ্চি পশ্চিমে রাখিয়াছেন। খনির দক্ষিণ সীমানা ১ মাইল দূরে। ভূমিরেখার
 কৌণিক ভুলবৃত্ত, এবং রেখা যদি দক্ষিণ সীমানা পর্য্যন্ত চালিত হয়, তবে উহা কতটা
 পার্শ্ব সরিয়া যাইবে।

উত্তরঃ— $1\frac{3}{4}$ মিনিট। ১ ফুট।

নির্ঘণ্ট

	পৃষ্ঠা।
অঙ্কশাস্ত্র সম্বন্ধীয় তালিকা পুস্তক (mathematical tables)	৫১
অক্ষ (axis) ...	৬২, ১৫৯
অংশুল বাহু (radial arms) ...	৭৭
অগ্রগামী কুলি (leader) ...	৫
অগ্রগামী নিঃশেষ রাস্তা (winning headings) ...	১১৮
অড্ডাশাস্ত্র জরিপ (ordnance survey) ...	১২৩, ১৪০
অতিরিক্ত তেপায়া (auxiliary tripod) ...	১২, ৯৬
অনধিগম্য বিন্দুর দূরত্ব মাপ	২৫
অনন্ত (infinity) ...	৫২
অনুগামী কুলি (follower) ...	৫
অনুপাত (proportion) ...	৪৩
অনুপূরক কোণ (complementary angle) ...	৫২
অনুসন্ধানকারী (prospector) ...	১৬৮
অনুসন্ধানকারী মূল সূত্র (prospecting headings) ...	১৮
অনুসরণ শলাকা ...	৩৪
অন্তরস্পর্শ (touching internally) ...	৪৪
অবনত কোণ (angle of depression) ...	৬৫
অবলম্ব সূত্রে (in plumb) ...	২৪
অভ্যন্তরস্থ বিস্তারিত জরিপ (filling in details) ...	৭৩, ১০৫
অভ্যন্তরীণ কোণ (inward angle) ...	১১৯
অম্ব-পারিদত্ত (mica peridotite) ...	১৪০
আওতান (working face) ...	২
আশে রাখা (to place on edge) ...	১৩৬
আদি ভূমিরেখা (original base line) ...	১০৮, ১৮৮
আদি ভূমিরেখা রক্ষা করিয়া কথা করা ...	১১৫
আদি ভূমিরেখার সহিত কোণ নির্ণয় ...	১১০
আনুপ্রস্থিক অগ্রগামী রাস্তা (cross headings) ...	৯৯, ১১৯
আপেক্ষিক গুরুত্ব (specific gravity) ...	৪২
আবদ্ধ করিবার স্ক্রু (clamping screw) ...	৭৫
আয়ত (rectangle) ...	২২
আলগা কয়লা (loose coal) ...	৪৪
আলম্ব (fulcrum) ...	৩৮
আলম্ব (lug) ...	১৫৮
আপদবাতি বা নিরাপদবাতি (safety lamp) ...	৭০
ইস্পাতের ফিতা (steel tape) ...	৩, ৪
উত্তরাষেধী প্রান্ত (north seeking end) ...	৮৮
উত্তোলক দণ্ড (lever) ...	২১, ১৭১
উত্থান (rise) ...	১৩৪, ১৩৫, ১৩৯
উৎপত্তি বিন্দু (origin) ...	৮৪, ১০১

উৎপাদক (factor) ...	৪৯
উৎরাই (down hill) ...	১৪১
উর্দাচালোক (aurora borealis) ...	৯১
উন্নতংশ (angle of elevation) ...	১৪৭
উন্নতি (height) ...	৩১
উপনেত্র পণ্ড (eye-piece) ...	৭৩, ১২৫
উপনেত্র পণ্ড, প্রতিফলক (reflecting eye piece) ...	১৬০
উপপাত্ত (theorem) ...	৩১
উপপ্রাচীর (packwall) ...	১৪
উপপ্রাচীর (packwall) ...	১৩৩
উপপ্রাচীর (top canch) ...	১
উপরিষ্ঠ চিহ্ন (surface mark) ...	৪, ১৫৫
উপরিষ্ঠ পরিমাপ (surface survey) ...	৫৬
উর্দ্ধাংশ কোণ (vertical angle) ...	১
উর্দ্ধাংশ তল (vertical plane) ...	৭৬
উর্দ্ধাংশ বৃত্ত (vertical circle) ...	১০, ১৩১, ১৩২
উর্দ্ধাংশ মান (vertical scale) ...	৪৮
ঋণাত্মক কোণ (negative angle) ...	৩
এককাবলি (units of measurements) ...	৪৮
এককাবলি, কোণ পরিমাপের ...	১
একর (acre) ...	১৭, ১৯
এনজিন গৃহ (engine house) ...	১৪২
এ্যালিডেড (alidade) ...	১২৫
একাক্ষরেখা (line of collimation) ...	৭৫
ওয়েগব্রিজডাইয়ের কোশল ...	১৯
ওজন গৃহ (weigh bridge house) ...	১৫৬
ওলন (plumb bob) ...	১২৬, ১২৮
ওয়াটস উদ্ভাবিত লেভেলের জলসমীকরণ যন্ত্র ...	১২৭, ১২৯, ১৬৯
ওয়াই জলসমীকরণ যন্ত্র (Y level) ...	৭৭
ককট যন্ত্র (divider) ...	১৪৫
ককট যন্ত্র, অনুপাতিক (proportional divider) ...	৩
কড়া (ring) ...	৭৭, ৭৮
কর্ণমানদণ্ড (diagonal scale) ...	১০, ৬৮, ১৪২
কর্তন (intersect) ...	৩৫
কয়লাভূমি (coal field) ...	৯৭
কয়লার মুখ (coal face) ...	১৫৯
কৌশলযুক্ত (prismatic) ...	১১৯
কটুগামী স্তূপ (walls) ...	৪৪, ১৩০
কটান (cuttings) ...	৩১
কালি (area) ...	২, ১৪
কাণ্ডি (pillar) ...	২
কার্যমুখ বা আঁতান (working face) ...	৪১
কেন্দ্রেখা (centre line) ...	৫১
কোটেনজেন্ট (cotangent) ...	

			পৃষ্ঠা।
কৌণ অঙ্কন যন্ত্র (protractor) ...	...	...	৮২, ৮৩
কৌণ অঙ্কন যন্ত্র, বৃত্তাকার (circular protractor) ...	...	...	৮৩, ৮৪
কৌণপরিমাপ (measurement of angles) ...	...	...	৪৮
কৌণিক ভুল (angular error) ...	...	...	১৭৫
কোসাইন্ (cosine) ...	...	...	৫১
কোসিকেন্ট (cosecant) ...	...	...	৫১
ক্যাপষ্টান (capstan) ...	...	...	১২৫, ১৭০
ক্ল্যাম্প (clamp) ...	...	...	৭০
ক্রমলুপ্ত বেগা (vanishing line) ...	...	...	১৩৪
ক্রান্তিবৃত্ত (ecliptic) ...	...	...	১৬৩০
ক্রশ-কেশ (cross hair) ...	...	...	১২৭
ক্রশ-চিহ্ন (cross mark) ...	...	...	৭৫, ৮৬
ক্রশ-শাণ্ডি (cross staff) ...	...	...	১০
ক্ষিতিজকেশ (horizontal hair) ...	...	...	১২৪, ১২৫, ১৬৯
ক্ষিতিজতল (horizontal plane) ...	...	...	১
ক্ষিতিজতলগত বেগা (horizontal line) ...	...	...	১২০
ক্ষিতিজতলগতস্তরে কয়লাপ পরিমাপ ...	...	...	৪২
ক্ষিতিজতলে তুল্যমান (horizontal equivalent) ...	...	...	৭
ক্ষিতিজতলের পরিবর্তে চাল খরিয়া মাপে ভুল ...	...	...	২৮
ক্ষিতিজতলে মাপ (horizontal measurement) ...	...	...	৬
ক্ষিতিজতলে মাপের আবশ্যকতা ...	...	...	৫
ক্ষিতিজতলে মাপের তালিকা ...	...	...	৮
ক্ষিতিজমান (horizontal scale) ...	...	...	১৩০
কুপ কঠাব (hut) ...	...	...	১৮
ক্ষেত্রপরিমাপ (measurement of areas) ...	...	...	৩১
ক্ষেত্র-পুস্তক (field-book) ...	...	...	৯, ১৪, ১৭, ১১২, ১১৫
ক্ষেত্রফল (area) ...	...	...	৩১, ১২
ক্ষেত্রফলের একক (বাঁলি) (units of areas) ...	...	...	৩৫
খনিক বা মালকাটা (miner) ...	...	...	২
খনিজ তৈল (mineral oil) ...	...	...	১৭১
খনিজরিপ (mine surveying) ...	...	...	১
খনিজলসমীকরণ পুস্তক (underground level book) ...	...	...	১৩৩, ১৩৪, ১৩৫, ১৩৯
খনির কম্পাস (miner's compass) ...	...	...	৬১, ৬৭
খনির ডায়াল (miner's dial) ...	...	...	১৪, ৬৭
খনির ভিত্তিবে জলসমীকরণ (underground levelling) ...	...	...	১৩৩
পুঁটা (peg) ...	...	...	৭৫
পরিণত উচ্চতা (reduced level) ...	...	...	১২৩, ১২৮
গান্টারের শিকল (gunter's chain) ...	...	...	৩
গিয়ার (gear) ...	...	...	৭৪
প্লাগ (plug) ...	...	...	১৭০
গৃহ অতিক্রম কল্পিয়া শিকলবেগা চালান ...	...	...	২২
গ্রেড (grade) ...	...	...	৪৯, ৯৭
ঘনফল (volume) ...	...	...	৩১

ঘনকল নির্ণয়	...	...	...	...	৪৩
চক্রবালীয় বৃত্ত (horizontal circle of an instrument)	...	...	...	...	৭৫, ১০৯
চড়াই (up hill)	...	...	...	...	১৪১
চক্রাংশবৎ ক্ষেত্রের কালি	...	...	...	...	৪০
চাঁদক (shaft)	...	...	...	...	৩০
চানকের কাঁথি (shaft pillar)	...	...	...	...	৪৭
চানকের গভীরতা নির্ণয়	...	...	...	...	৫৮
চাপীয় বয়স্ক (circular bearing)	...	...	...	...	৬৯
চাপীয় মান (circular measure)	...	...	...	...	৪৯
চুম্বকশলাকা (magnetic needle)	...	...	...	...	৬৬
চুম্বকশলাকাজরিপ (magnetic needle survey)	...	...	...	...	৮৮, ৯৫
চূড়া (apex)	...	...	...	...	১২
চৌখোপ (panel)	...	...	...	...	১১০
চৌম্বক ঝটিকা (magnetic storm)	...	...	...	...	৯১
চৌম্বক বলন (magnetic declination)	...	...	...	...	৮৮
চৌম্বক মধ্যরেখা (magnetic meridian)	...	...	...	...	৬৬, ৮৮
চৌম্বকানবনতি (magnetic dip)	...	...	...	...	৬৬, ৯২
চৌম্বকোত্তর (magnetic north)	...	...	...	...	৮৯
চৌম্বকানবনতির তালিকা	...	...	...	...	৯২
চৌরস ভূমি (level ground)	...	...	...	...	৫২৫, ৫৭
ছেদ (section)	...	...	...	...	১, ১৬১
জরিপ, উপরিপ্ত (surface survey)	...	...	...	...	৪, ১৫৫
জরিপ নিম্নপ্ত (underground survey)	...	...	...	...	৯৫, ১১৫, ১৫৫
জরিপনক্সা (plotting)	...	...	...	...	১০০, ১১৬
জরিপে ভুল ও তাহাদের ফলাফল	...	...	...	...	১৫০
জরিপের সম্বন্ধ স্থাপন (survey connection)	...	...	...	...	১৫৫
জরিপের সম্বন্ধ স্থাপন, দুইটা তার বুলাইয়া	...	...	...	...	১৫৭
জল নিঃসরণ রন্ধ্র (adit)	...	...	...	...	১৫৬
জলসম পৃষ্ঠ (level surface)	...	...	...	...	১৪৮
জলসম গুঁদ (level gallery)	...	...	...	...	১১৯
জলসমীকরণ (levelling)	...	...	...	...	১২২
জলসমীকরণ ক্রিয়া (operation of levelling)	...	...	...	...	১২৮
জলসমীকরণ গজ (levelling staff)	...	...	...	...	১২৩
জলসমীকরণ গজ, জীর	...	...	...	...	১২৪
জলসমীকরণ ছেদ (level section)	...	...	...	...	১৩০
জলসমীকরণ ছেদ চিত্র	...	...	...	...	১৩১, ১৩২
জলসমীকরণ পুস্তক (level book)	...	...	১২২, ১৩৯, ১৩৩, ১৩৪, ১৩৫, ১৩৯	...	১৩৩, ১৩৪, ১৩৫
জলসমীকরণ পুস্তক, খনির (underground level book)	...	...	...	...	১৩৩, ১৩৪, ১৩৫
জলসমীকরণ যন্ত্র (levelling instrument)	...	...	...	...	২, ১২২
জলসমীকরণ যন্ত্র, ডাম্পি (dumpy level)	...	...	...	...	১২৫, ১৩৯
জলসমীকরণ যন্ত্র উৎকৃষ্ট ডাম্পি	...	...	...	...	১২৬
ঐ ওয়াটস টেস্টাবল	...	...	...	...	১২৬
ঐ ওয়াই	...	...	...	...	১২৭, ১৩৯

					পৃষ্ঠা
জলদমীকরণ, দূরারেক্ষ সিঁড়িখান্দে,	...	...	...	...	১৩৬
জলদমীকরণের উপকারিতা	...	...	...	...	১৩৭
জলদমীকরণ, পরীক্ষা (check levelling)	...	...	...	...	১৩৯
জালি (gauge)	...	...	...	...	৬৬
জ্যা (chord)	...	...	...	...	১৪৫
জ্ঞাপক চিহ্ন (index mark)	...	...	...	...	৩৯
ঝাঙি (staff)	...	...	...	...	৫
ঝাঙি কুলি (flagman)	...	...	...	...	৫
ঝিল্লী (diaphragm)	...	...	...	...	১২৫, ১৬৯
টব-গাড়ী (coal tub)	...	...	...	...	২, ১১৯
ট্রাপিজিয়াম (trapezium)	...	...	...	...	৬৬
ট্রান্স-জরিপ (traverse survey)	...	...	...	...	৮৫, ৯০, ১১৯
ট্রান্স-জরিপ, সীমাবদ্ধ (closed traverse)	...	...	...	...	১০৪, ১১৮
ট-স্কয়ার (T square)	...	...	...	...	১১
টেনজেন্ট (tangent)	...	...	...	...	৭১
ডাইক (dyke)	...	...	...	...	১৩৫
ডিগ্রি বা গ্রেডকে সমত্রিজাকোণে পরিবর্তন	...	...	...	...	৫০
ডিপোর দেওয়াল (wharf wall)	...	...	...	...	১৭, ৭৯
ডেটম্ (datum)	...	...	...	...	১২২
ডেটম সমতল (datum plane)	...	...	...	...	১৩০
ডেভিসের ভানিয়ামযুক্ত কম্পাস	...	...	...	...	৭১
তল (surface)	...	...	...	...	৩১
তলটির প্লেট (base plate)	...	...	...	...	৭৫, ১৫৭
তলি (floor)	...	...	...	...	৫, ১০৯
ত্রিকোণমিতিক অনুপাত (trigonometrical ratio)	...	...	...	...	৫১
ত্রিভুজ সম্বন্ধীয় সূত্র	...	...	...	...	৫৩, ৫৪
ত্রিভুজের কোণ নির্ণয়	...	...	...	...	৬০
ত্রিভুজ কালি (area of a triangle)	...	...	...	...	৩১
ত্রিভুজের সাহায্য লওয়া	...	...	...	...	১২
তীক্ষ্ণ অনুসরণ শলাকা (tracing point)	...	...	...	...	৩৮
তুল্য ত্রিভুজ (equivalent triangle)	...	...	...	...	৩৪
থর্স্টনের ডায়াল	...	...	...	...	৭৪
থামাল যন্ত্র (spirit level)	...	...	...	...	১৩৫
থিয়োডোলাইট (theodolite)	...	...	...	...	৭৫
থিয়োডোলাইটের তলভাগ	...	...	...	...	১৭৩
দক্ষিণাবর্ত (clockwise direction)	...	...	...	...	৩৯
দক্ষিণাবর্ত যন্ত্র (right handed instrument)	...	...	...	...	৪৮, ১১০
দাগ কাটা (calibrated)	...	...	...	...	৪৮
দ্রাঘিমা (longitude)	...	...	...	...	১৬৪
দ্বিশ্রেণীবদ্ধ উপায় (double ranging method)	...	...	...	...	৬
দীর্ঘ প্রাচীরের কার্য (longwall working)	...	...	...	...	৯৯, ১১৯
দূরবীক্ষণ দৃষ্টিফলক (telescopic sight)	...	...	...	...	৭৩

দৃশ্যমান কয়লা (visible coal)	...	...	...	১০৪, ১০৫
দৃষ্টিপথ (sight)	...	...	...	১০৯
দৃষ্টিফলক (sight vane)	...	...	...	১০, ৬৮, ১১০
দৃষ্টিফলকযুক্ত রেখাকবক (sight-fitted ruler)	...	...	...	১৪২
দৃষ্টিরেখা (line of sight)	...	...	...	১০, ৬৮, ১৭৩
দৈনিক বলনবিকার (diurnal variation)	...	...	...	৯১
দৈনিক মধ্যম স্থান (mean value of the day)	...	...	...	৯১
ধনুঃ (arc)	...	...	...	৪৮
ধর্ম্মর কেল্পিত কোণ নির্ণয়	...	...	...	৫৫
ধাণ্ডা (coolie huts)	...	...	...	১৭, ১৯
ধাপে ধাপে শিকল দ্বারা মাপ (chaining in steps)	...	...	...	৬, ৯, ১৫১
ধাপে ধাপে শিকল দ্বারা মাপের তালিকা	...	...	...	৬
ধ্রুব তারা (pole star)	...	...	...	১৬১
ধোত (wash out)	...	...	...	১২
নক্সা (plan)	...	...	...	১
নক্সার আয়তন বৃদ্ধি ও ন্যূনকরণ	...	...	...	১৪৪
নক্সার ক্ষেত্রফল (plan area)...	...	...	...	৪১
নক্ষত্র বিবীক্ষণ	...	...	...	১৬৬
নত বক্র (dip drift)	...	...	...	৫০
নতস্তরে কয়লার পরিমাণ	...	...	...	৪২
নতি (dip)	...	...	...	৭, ১৫১
নতির কোণ (angle of dip)	...	...	...	৭
নতির পরিমাণ	...	...	...	৭, ১৫৪
নতির দিক নির্ণয়	...	...	...	১৫১, ১৫৫
নদীর উভয় তীরবর্তী ছুই বিন্দুর দূরত্ব নির্ণয়	...	...	...	৫৪
নাক্ষত্র দিবস (sidereal day)	...	...	...	১৬৫
নাবিক-পঞ্জিকা (nautical almanac)	...	...	...	১৬১
নিধান স্থান (bearing of an instrument)	...	...	...	৬৬
নিম্নস্তর কাণ্ড (underground working)	...	...	...	১
নিম্নস্তর জরিপ (underground survey)	...	...	...	৯৫, ১১৫, ১৫৫
নিম্নস্তর (bottom canch)	...	...	...	১৩১, ১৩৪, ১৩৫
নিরক্ষাঙ্ক (latitude)	...	...	...	১০১
নিরাপদবার্তা (safety lamp)	...	...	...	৭০
পতন (fall)	...	...	...	১২৮, ১৩১, ১৩৪, ১৩৫
পদক (tally)	...	...	...	৭৩
পূর্ণিত শৃঙ্খল উচ্চতা	...	...	...	১৪৯
পূর্ণিত সড়ক (tunnel)	...	...	...	৬
পর পর ভূমিরেখার প্রণালী (method of successive base lines)	...	...	...	১০৯
পরাস্তরবিন্দু (western elongation point)	...	...	...	১৬৩
পরাস্তরবিন্দুর তালিকা	...	...	...	১৬৪
পরীক্ষারেখা (check line)	...	...	...	১৫
পশ্চাৎ দর্শন (back sight)	...	...	...	১২৮
পশ্চাৎ স্থান (back place)	...	...	...	১১৯

পাণ্ডারী দূরত্ব মাপক যন্ত্র (cyclometer) ...	...	...	...	...	৩
পাণ্ট (bar) ...	...	...	...	...	৬৩
পাতিত চিত্র বা নক্সা (plan) ...	...	...	...	...	১
পাদস্ক্রু (foot screw) ...	...	...	...	৭২, ৭৫, ১২৭, ১৭০	১৭০
পুরশিচ্ছ (frontispiece) ...	...	...	...	...	৭০
পুরোদর্শন (fore sight) ...	...	...	...	...	১২৮
পুরোপাঠ (fore reading) ...	...	...	...	...	১২৯
পুরোস্থান (fore place) ...	...	...	...	...	১১৯
পোল (pole) ...	...	...	...	...	৩৫
প্রকৃত উত্তর (true north) ...	...	...	...	...	৮৮
প্রক্ষেপ (projection) ...	...	...	...	...	১
প্রত্যাবর্তী কোণ (reflex angles) ...	...	...	...	...	৪৮
প্রতিপাদ্য (problem) ...	...	...	...	...	৩১
প্রথম নিঃশেষ (first working) ...	...	...	...	...	৪২
প্রবণতল (inclined plane) ...	...	...	...	...	১৫১
প্রবণতা (gradient) ...	...	...	...	২, ৭, ৭৩	৭৩
প্রবণতা মাপক যন্ত্র (cliffometer) ...	...	...	...	...	১১৬
প্রবণতা মাপক যন্ত্র, এবনির (Abney's level) ...	...	...	...	...	১১৭
প্রবণ ভূমিতে ঢাল ধরিয়া মাপ ...	...	...	...	...	১১৮
প্রবেশ পথ (gateways) ...	...	...	...	...	১১৯
প্রস্থান (departure) ...	...	...	...	...	১০১
প্রাগম্ভর বিন্দু (eastern elongation point) ...	...	...	...	...	১৬৩
প্রান্ত (end) ...	...	...	...	...	৪৩
ফলকাকৃতি (prismoid) ...	...	...	...	...	৪৩
ফার্লং (furlong) ...	...	...	...	...	৩
ফিতা (tape) ...	...	...	...	...	৪
ফেথ (fathm) ...	...	...	...	...	৭৪
ফাথম (fathom) ...	...	...	...	...	৬
বক্ররেখা (curve) ...	...	...	...	...	২
এ প্রান্তকরণ ...	...	...	...	...	১৪৫
বক্রীভবন (refraction) ...	...	...	...	১২২, ১৩৯, ১৪৭	১৪৭
বক্রপৃষ্ঠের গভীরতা (concave surface) ...	...	...	...	...	১৪৯
বর্গক্ষেত্রযুক্ত কাগজ (squared paper) ...	...	...	...	৩৭, ১৪৪	১৪৪
বর্গমানযন্ত্র (planimeter) ...	...	...	...	...	৩৮
বদ্ধশলাকা কম্পাস (fixed needle compass) ...	...	...	...	...	৭০
বদ্ধশলাকা সূর্য (fixed needle survey) ...	...	...	...	৬৯, ১০৮	১০৮
এ যোজ-পৃষ্ঠক ...	...	...	...	...	১১৫
বন্ধনরপা (tie line) ...	...	...	...	১৫, ১০৪, ১১৮	১১৮
বল শব্দ সকেট জয়েন্ট (ball and socket joint) ...	...	...	...	...	৭২
বলনের তালিকা (table of declination) ...	...	...	...	...	৮৯
বলনবিকার (magnetic variation) ...	...	...	...	৭১, ৮৫	৮৫
বলনবিকারের তালিকা ...	...	...	...	৮৯, ৯১	৯১
বলন সংশোধন ...	...	...	...	...	৯২

				পৃষ্ঠা।
হুলেজ রাস্তা (haulage road)	...	...	...	২
হুলেজ বাস্তার কেন্দ্রে বস্তু বসান	...	...	...	৬২
বহুভুজকে ত্রিভুজে পরিণত করা	...	...	...	৩৪
বাগী (cup)	...	...	...	৭০
বামাবর্তন যন্ত্র (left handed instrument)	...	...	...	৪৮, ১১০
বায়ু চানক (air shaft)	...	...	...	১০৪
বায়ুচাপমাপ যন্ত্র (barometer)	...	...	...	৮০
বায়ুমণ্ডল (atmosphere)	...	...	...	১৪৮
বাহু (side)	...	...	...	১২
বাধ (embankment)	...	...	...	৪৪
বাধের উপর দিয়া শিকল দ্বারা মাপ	...	...	...	৭
বিকল ক্ষেত্রের কালি (area of irregular figure)	...	...	...	৩৩
বিন্দুচিহ্নিত রেখা (dotted line)	...	...	...	৩৩
বিবর্তন কীলক (pivot)	...	...	...	৪৮, ৬৬
বিভক্ত বৃত্ত (graduated circle)	...	...	...	৬৭
বিভক্ত বৃত্তের লম্ব (line of division)	...	...	...	৬৯
বিভাগ (district)	...	...	...	১৩, ১১৯
বিয়ারিং (bearing)	...	...	...	৬৪, ৬৮, ৯৬
বিয়ারিং, বৃত্তপাদ (quadrant bearing)	...	...	...	৬৯
বুদ্ধদ্যুত নল (bubble tube)	...	...	...	৬৮, ১২৪, ১৩৭, ১৭০
প্রায়োগিক জ্যামিতি (practical geometry)	...	...	...	৩১
ব্যুত্ক্রম (reciprocal)	...	...	...	৫১
বৃত্তখণ্ডের কালি (area of a segment)	...	...	...	৪১
বৃত্তাকার কোণ অঙ্কন যন্ত্র (circular protractor)	...	...	...	৮৩, ১১০
বৃত্তের কালি (area of a circle)	...	...	...	৩৯
বেঞ্চ-চিহ্ন (bench mark)	...	...	...	১২৩, ১৩২
বোর-গর্ত (bore-hole)	...	...	...	২, ১০৪, ১৪৩, ১৭৫
ব্যবস্থাপন (adjustment)	...	...	...	১২৫, ১৬৯
ব্যবস্থাপন, কম্পাস	...	...	...	১৭১
ব্যবস্থাপন, ওয়াই জলসমীকরণ যন্ত্র	...	...	...	১৬৯
ব্যবস্থাপন, ডার্পি জলসমীকরণ যন্ত্র	...	...	...	১৭০
ব্যবস্থাপন, থিয়োডোলাইট	...	...	...	১৭২
ভাগরেখা (line of division)	...	...	...	৭৭
ভার্ণিয়ার-মান (vernier scale)	...	...	...	৩৯, ৭৯
ঐ থিয়োডোলাইটের	...	...	...	৮২
ভার্ণিয়ার-মূলমান (principle scale of vernier)	...	...	...	৭৯
ভার্ণিয়ার-সহকারিমান (subsidiary scale of vernier)	...	...	...	৭৯
ভারতীয় কয়লা গনির আইন	...	...	...	২
ভিতরের অবস্থার বিস্তৃত নক্সা (filling in details)	...	...	...	১৪
ভূজগোলের সাহায্যে ভূরিপনক্সা	...	...	...	১০১
ভূমি কোণে রেখাপাত করা	...	...	...	৫৯
ভূমি শিকলে মাপ	...	...	...	১৫০
ভূতত্ত্ব সম্বন্ধীয় জরিপ (geological survey)	...	...	...	১

ভূক (earth's crust) ...	...	...	...	পৃষ্ঠা ১
ভূপৃষ্ঠের আকৃতি নির্দেশক ছেদ ...	...	...	...	১২২
ভূপৃষ্ঠের বক্রতা (curvature of the earth) ...	...	...	...	১৬৮
ভূমিকা (introduction) ...	...	...	...	১৩৯, ১৪৭
ভূমিরেখা (base line) ...	...	...	...	৪৮, ১০৮, ১০৯, ১১০, ১১৫
ভূমিরেখা, সেভার্ন হ্রদের ...	...	...	...	১৬০
ভেদকরণ (holing) ...	...	...	...	১১৯
মধ্যদর্শন (intermediate sight) ...	...	...	...	১১৮, ১১৯, ১২৪, ১২৫, ১২৬
মধ্যপাঠ (intermediate reading) ...	...	...	...	১২৯
মধ্যবলন (mean declination) ...	...	...	...	৯২
মধ্যরেখা (meridian) ...	...	...	...	৮৮, ১০৮ ১৬০
মধ্যরেখা, প্রকৃত (true meridian) ...	...	...	...	৮১
মধ্যরেখা নির্ণয় ...	...	...	...	১৬১, ১৬৭
মলিন অংশ (shaded portion) ...	...	...	...	৩৩
মস্তক শৃঙ্গ বৃত্তপৃষ্ঠী (frustum of a cone) ...	...	...	...	০৩
মস্তক শৃঙ্গ সূর্যকোণস্থী (frustum of a pyramid) ...	...	...	...	৪১
মস্তক শৃঙ্গ স্তম্ভ (frustum of a cylinder) ...	...	...	...	৪১
মহাবৃত্ত (Great circle) ...	...	...	...	১১
মানদণ্ড বা মানবস্কেল (Scale) ...	...	...	...	১১, ১৭
মানমাপের (to scale) ...	...	...	...	১১
মাপচক্র (measuring wheel) ...	...	...	...	৩
মালকাটা (miner) ...	...	...	...	২
মীমাংসা (soyle) ...	...	...	...	৫৩
মিলনরেখা (strike line) ...	...	...	...	১৫৪
মিশ্রবক্ররেখা (composite curve) ...	...	...	...	১৪৬
মুক্তশলাকাভ্রমণ (loose needle survey) ...	...	...	...	৬৯, ৮৮, ১৫৮
মুক্তশলাকাপাঠ (loose needle reading) ...	...	...	...	৬৭
মূল প্রবেশ পথ (mother gate) ...	...	...	...	৯৯
মোট পরিমাণ (gross amount) ...	...	...	...	৪২
মোটামুটি নক্সা (rough sketch) ...	...	...	...	১১৪
মোম কাপড় বা কাগজ (tracing cloth or paper) ...	...	...	...	৩৭
মুরোপে প্রচলিত এককাবলি (continental unit) ...	...	...	...	৪৯
যন্ত্রের পাঠ (reading of instrument) ...	...	...	...	৩৯
যামোন্তের অতিক্রম (culmination) ...	...	...	...	১৬৩
যামোন্তের অতিক্রম বা মধ্যলম্ববিন্দু, উচ্চ (upper culminating point) ...	...	...	...	১৬৩
যামোন্তের অতিক্রম বা মধ্যলম্ববিন্দু, নিম্ন (lower culminating point) ...	...	...	...	১৬৩
যামোন্তের যন্ত্র (transit instrument) ...	...	...	...	১৫৮, ১৬২
যামোন্তের যন্ত্র, অসমকেন্দ্রিক ...	...	...	...	১৫৯, ১৬০
যামোন্তের যন্ত্র, কাপা অক্ষদণ্ডযুক্ত ...	...	...	...	১৬১, ১৬২
যোজক রাস্তা (stenton) ...	...	...	...	১১৯
যুগব্যাপি বলনবিচার (secular variation) ...	...	...	...	৮৮
যুগব্যাপি বলনবিচারের তালিকা ...	...	...	...	৮৯, ৯০
রক্ত (drift or drivage) ...	...	...	...	২

রক্ত, চড়াই (rise drift) ...	...	...	...	...	৩০
রক্ত, নতি (dip drift) ...	...	...	...	...	৩০
রজকর (royalty) ...	...	...	...	...	৪৬
রুড (rood) ...	...	...	...	...	৩৫
রেখামানদণ্ড (linear scale) ...	...	...	...	...	১১, ৭৭
রৈখিক পরিমাপ (linear measurement) ...	...	...	...	...	১
রৈখিক পরিমাপের একক বাহন ...	...	...	...	...	৩
লগারিথম (logarithm) ...	...	...	...	...	৬২
লম্ব (perpendicular) ...	...	...	...	...	৮, ১৪৫
লম্বচ্ছায়া (projection) ...	...	...	...	...	১
লম্বের রেখা (oblique line) ...	...	...	...	...	১৪
লিঙ্ক (link) ...	...	...	...	...	৩
লৌহবস্ত্র (rail line) ...	...	...	...	...	৫, ৬৬, ১৩৬
লৌহের সান্নিধ্য (presence of iron) ...	...	...	...	...	১০৪
লম্ব-অফসেট (offset) ...	...	...	...	...	৯, ৯৫, ৯৮, ১০০, ১৪৬
লম্বাঙ্গ-অফসেট (oblique offset) ...	...	...	...	...	১৪
শিকলজরিপ বা শিকল দ্বারা জরিপ (chain survey) ...	...	...	...	...	১৩
শিকলরেখা বা শিকল দ্বারা পরিমিত রেখা (chain line) ...	...	...	...	...	৫, ১২০
শিকলের দৈর্ঘ্য পরীক্ষা ...	...	...	...	...	৯
শিকল দ্বারা মাপের ভুল ...	...	...	...	...	১৪১
শূন্যরেখা (zero line) ...	...	...	...	...	১০৯, ১১৮
শূন্যস্থান (zero position) ...	...	...	...	...	৪৮
শ্রেণীবদ্ধ করা (ranging) ...	...	...	...	...	৫, ১৬৮
শঙ্কু (gnomon) ...	...	...	...	...	১৬৫, ১৬৬
ষ্টাডিয়া-তাব (stadia wire) ...	...	...	...	...	১২৫, ১৪৩
ষ্টেশন (station) ...	...	...	...	...	৭৫, ৯৪
সংশ্লিষ্ট দীর্ঘাকৃতি ক্ষেত্রের কাল ...	...	...	...	...	৩৬
সংশ্লিষ্ট জলসমীকরণ (fly levelling) ...	...	...	...	...	১৩১
সংশ্লিষ্ট পরীক্ষা জরিপ (flying check survey) ...	...	...	...	...	১০৪
সংজ্ঞা (definition) ...	...	...	...	...	৪৮, ১২২
সপটের গজ (Sopwith staff) ...	...	...	...	...	১২৩
সপ্তমি মণ্ডল (Great Bear) ...	...	...	...	...	১৬৩, ১৬৪
সর্বসম্মত সময় (standard time) ...	...	...	...	...	১৬৪
সর্বোত্তমভাবে বা সর্ববিধয়ে (in all respects) ...	...	...	...	...	২৬
সর্বলিখন যন্ত্র (pantagraph) ...	...	...	...	...	১৪৪
সমকোণ করণ, শিকলের সত্যতা ...	...	...	...	...	২০
সমকোণী ত্রুণু (rectangular coordinates) ...	...	...	...	...	১০১
সমচতুরশ্র (square) ...	...	...	...	...	১০, ১৩৭
সমতল টেবিল (plane table) ...	...	...	...	...	১৪২
সমতুল করা (to balance) ...	...	...	...	...	৬৬, ১৭২
সমতলজ্যাকোণ (radian) ...	...	...	...	...	৫০, ১৫১
সমফল (equal in area) ...	...	...	...	...	৩৩
সমভার (counterpoise) ...	...	...	...	...	১৫৯, ১৫৯, ১৭২

সমরেখা কর্ণ (parallel ruler)	...	...	...	১০০
সীকরী (equation)	...	...	...	১০০
মুদ্রের মধ্যম জলপৃষ্ঠ (mean sea level)	...	...	...	১২৩
মৌচেরেখা (contour line)	...	...	...	১৬৭
মৌচেরেখামানচিত্র (contour map)	...	...	...	১৬৭
সাইন্ (sine)	...	...	...	৪১
সাধারণ ব্যবধান (common distance)	...	...	...	৩৭
সাধারণ শিকল (ordinary chain)	...	...	...	৪
সঁউনি (cleat)	...	...	...	১১২
সেকেন্ট (secant)	...	...	...	৪১
সেটন ডেলাভালের গজ	...	...	...	১০৪
সঁড়িখাদ (incline)	...	...	...	১২
বীমাবদ্ধ ট্রাভার্স (closed traversing)	...	...	...	১১২
স্বইভেল জয়েন্ট (swivel joint)	...	...	...	১৭৩
সূক্ষ্মকোণ (acute angle)	...	...	...	১০
সূক্ষ্ম গতিস্থলক ক্র (fine adjustment screw)	...	...	...	১২, ৭২
সূচী (index)	...	...	...	৭৩
সূচীর ভুল (index error)	...	...	...	১১২, ১১৪
সূচাপ পায় (pin point foot)	...	...	...	১১১
সূচাপ্রভাপ (pin point)	...	...	...	৮৬
সূদ মূগে কেন্দ্রের দাগ	...	...	...	১৫০
সূদে কয়লার পরিমাপ	...	...	...	৪১
সূদ ও কাঁথির কাঁথি (bord and pillar working)	...	...	...	৯৭, ৯৯
সূয়া বা সূজা (arrow or dart)	...	...	...	৪
সূর্য্য নিরীক্ষণ (sun observation)	...	...	...	১৬৫
সেটেরের ক্ষেত্রফল	...	...	...	৪০
সেট-স্কয়ার (set square)	...	...	...	১১
সৌর কলক (sun spot)	...	...	...	৯১
সুর্ (seam)	...	...	...	৪২
সুর্মুক্ত প্রস্তর (sedimentary rock)	...	...	...	১৬৭
সুর্নোপাম (outerop)	...	...	...	১৬৮
সুর্নের উচ্চতা নির্ণয়	...	...	...	৫৬
স্থানচ্যুতি (fault)	...	...	...	১০৫, ১৭৫
স্থানচ্যুতি, অধঃক্ষেপ (downthrow fault)	...	...	...	৩০
স্থানচ্যুতি, উৎক্ষেপ (upthrow fault)	...	...	...	১৩৫
স্থানচ্যুতির ক্ষেপ (throw)	...	...	...	৩০
স্থানচ্যুতির হেলন (hide)	...	...	...	১৩৪
স্থানের উচ্চতা (height of place)	...	...	...	১৩৪
স্থানীয় সময় (local time)	...	...	...	১৬৪
স্থায়ী ব্যবস্থাপন (permanent adjustment)	...	...	...	১৬০
স্থূল কোণ (obtuse angle)	...	...	...	১৪
স্থিতিস্থাপক (elastic)	...	...	...	৯
স্থির রাশি (constant quantity)	...	...	...	৫৯

	পৃষ্ঠা।		
স্থিতি বৈকল্য অনিত ভ্রম (parallax error)	৭৭
স্পর্শ-তল (tangent plane)	১২২, ১৪৮
স্পর্শ-স্ক্রু (tangent screw)	৭২
স্বলি (swally)	১২৭
খন্ডগামী বর্দ (bord)	১১৯
স্বয়ং-চালিত রাস্তা (self acting incline)	১২৭
মিঃ দূরতা মাপক যন্ত্র (micrometer gauge)	৮৯
হীরক চিহ্নিত কাচ (diamond engraved glass)	১০৫
হাপমানের জয়েন্ট (Hoffman joint)	৭০

